
HARVARDIANAE IN NOV ANG
SIGILLVM ACADEMIAE
ET
VE RI
TAS
CHRISTO ECCLESIAE



ANNALES

DES MINES.

COMMISSION DES ANNALES DES MINES.

Les ANNALES DES MINES sont publiées sous les auspices de l'administration générale des Ponts et Chaussées et des Mines, et sous la direction d'une commission spéciale formée par le Ministre des Travaux Publics. Cette commission est composée, ainsi qu'il suit, de membres du conseil général des mines, du directeur et des professeurs de l'École des mines, et d'un ingénieur remplissant les fonctions de secrétaire :

L'administration a réservé un certain nombre d'exemplaires des ANNALES DES MINES pour être envoyés, soit à titre de don aux principaux établissements nationaux et étrangers, consacrés aux sciences et à l'art des mines, soit à titre d'échange aux rédacteurs des ouvrages périodiques français et étrangers relatifs aux sciences et aux arts. — Les lettres et documents concernant les ANNALES DES MINES doivent être adressés, *sous le couvert de M. le Ministre des Travaux Publics, à M. l'Ingénieur, secrétaire de la Commission des* ANNALES DES MINES, 60, boulevard Saint-Michel, à Paris.

Avis de l'Éditeur.

Les auteurs reçoivent *gratis* 15 exemplaires de leurs articles formant au moins une feuille d'impression. Ils peuvent faire faire des tirages à part à raison de 9 fr. par feuille jusqu'à 50, 10 fr. de 50 à 100, et 5 fr. pour chaque centaine ou fraction de centaine à partir de la seconde. Le tirage à part des planches est payé sur mémoire, au prix de revient.

La publication des ANNALES DES MINES a lieu par cahiers ou livraisons qui paraissent tous les deux mois. — Les six livraisons annuelles forment trois volumes dont un consacré aux actes administratifs et à la jurisprudence. — Les deux volumes consacrés aux matières scientifiques et techniques contiennent de 70 à 80 feuilles d'impression, et de 18 à 24 planches gravées. — Le prix de la souscription est de 20 fr. par an pour Paris, de 24 fr. pour les départements, et de 28 fr. pour l'étranger.

PARIS. — IMPRIMERIE ARNOUS DE RIVIÈRE ET Ce, RUE RACINE, 26.

ANNALES
DES MINES

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES

ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RATTACHENT,

RÉDIGÉES

PAR LES INGÉNIEURS DES MINES,

ET PUBLIÉES

SOUS L'AUTORISATION DU MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS.

SEPTIÈME SÉRIE.

MÉMOIRES. — TOME VI.

PARIS.

DUNOD, ÉDITEUR,

LIBRAIRE DES CORPS DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES

Quai des Augustins, n° 49

1874

LISTE DES ÉCHANGES AUTORISÉS

ENTRE

LES ANNALES DES MINES ET LES PUBLICATIONS FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES

Les *Annales des mines* ont été adressées, à titre d'échange, en 1874, aux Sociétés et publications dont les noms suivent :

1. — The Journal of the FRANKLIN INSTITUTE. *Philadelphie.*
2. — The American Journal of science and arts. *New-Haven.*
3. — AMERICAN PHILOSOPHICAL SOCIETY. *Philadelphie.*
4. — Philosophical Transactions of the ROYAL SOCIETY OF LONDON.
5. — The quarterly Journal of the GEOLOGICAL SOCIETY. *Londres.*
6. — Minutes of the Proceedings of the INSTITUTION OF CIVIL ENGINEERS. *Londres.*
7. — ROYAL IRISH ACADEMY. *Dublin.*
8. — Établissement géographique de Bruxelles, fondé par M. Philippe van der Maelen.
9. — Bibliothèque universelle et Revue suisse ; partie scientifique : archives des sciences physiques et naturelles. *Genève.*
10. — Mémoires de la SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE.
11. — SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE. *Paris.*
12. — Journal de mathématiques pures et appliquées. *Paris.*
13. — Annales de Chimie et de Physique. *Paris.*
14. — SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE. *Paris.*
15. — Journal de Pharmacie et de Chimie. *Paris.*
16. — Jahrbuch der KAISERLICH - KÖNIGLICHEN GEOLOGISCHEN REICHSANSTALT. *Vienne.*
17. — ROYAL GEOLOGICAL SOCIETY OF CORNWALL. *Penzance.*
18. — GEOLOGICAL SURVEY OF GREAT BRITAIN. *Londres.*
19. — ROYAL SOCIETY OF EDINBURGH.
20. — The London, Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science. *Londres.*
21. — SMITHSONIAN INSTITUTION. *Washington.*
22. — Zeitschrift der DEUTSCHEN GEOLOGISCHEN GESELLSCHAFT. *Berlin.*

ÉCHANGES AUTORISÉS.

23. — Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie. *Giessen.*

24. — Zeitschrift des OESTERREICHISCHEN INGENIEUR-UND ARCHITEKTEN-VEREINS. *Vienne.*

25. — The Canadian Journal of Science, Literature and History; CANADIAN INSTITUTE. *Toronto.*

26. — Zeitschrift des ARCHITEKTEN-UND INGENIEUR-VEREINS ZU HANNOVER. *Hanovre.*

27. — GEOLOGICAL SURVEY OF INDIA. *Calcutta.*

28. — Berg-und Hüttenmännische Zeitung. *Leipzig.*

29. — Bulletin de la SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE. *Alsace.*

30. — SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE PARIS.

31. — Il Politecnico. Giornale dell' Ingegnere, Architetto civile ed industriale. *Milan.*

32. — Zeitschrift des VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE. *Berlin.*

33. — SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS. *Paris.*

34. — OBSERVATOIRE DE PARIS.

35. — BOSTON SOCIETY OF NATURAL HISTORY. *Boston. États-Unis.*

36. — Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens. *Wiesbaden.*

37. — Moniteur des intérêts matériels. *Bruxelles.*

38. — Iron. The Journal of science, metals and manufactures. *Londres.*

39. — Mittheilungen aus dem Jahrbuche der KÖN. UNGAR. GEOLOGISCHEN ANSTALT. *Pesth.*

40. — The Journal of the IRON AND STEEL INSTITUTE. *Londres.*

41. — The Engineering and Mining Journal. *New-York.*

42. — NORTH OF ENGLAND INSTITUTE OF MINING AND MECHANICAL ENGINEERS. *Newcastle-upon-Tyne.*

43. — LITERARY AND PHILOSOPHICAL SOCIETY OF MANCHESTER.

44. — Berg-und Hüttenmännisches Jahrbuch der K. K. BERGAKADEMIEN ZU LEOBEN und PRZIBRAM und der Kön. Ungar. BERGAKADEMIE ZU SCHEMNITZ. *Leoben. Styrie.*

45. — Oesterreichische Zeitschrift für Berg-und Hüttenwesen. *Vienne.*

46. — Revue universelle des Mines et de la Métallurgie. *Liége.*

47. — Transactions of the AMERICAN INSTITUTE OF MINING ENGINEERS. *Easton. Pensylvanie.*

48. — The American Chemist. *New-York.*

L. M.

BIBLIOGRAPHIE.

DEUXIÈME SEMESTRE DE 1874.

OUVRAGES FRANÇAIS.

1° *Mathématiques pures.*

ARGAND. Essai sur une manière de représenter les quantités imaginaires dans les constructions géométriques; par R. Argand. 2ᵉ *édition*, précédée d'une préface par M. J. Houël, et suivie d'un appendice contenant des extraits des Annales de Gergonne, relatifs à la question des imaginaires. In-8°, XIX-126 p.

BOUR. Cours de mécanique et machines, professé à l'École polytechnique par M. Edm. Bour, ingénieur des mines; publié par M. Philipe, professeur de mécanique à l'École polytechnique, avec la collaboration de MM. Collignon et Kretz. 3ᵉ et dernier fascicule. Dynamique et hydraulique. Avec 125 fig. dans le texte. In-8°, IX-396 p. 7 fr. 50 c. (9395)

CATALAN. Traité élémentaire de géométrie descriptive; par Eugène Catalan, docteur ès sciences, professeur d'analyse à l'Université de Liége, 1ʳᵉ partie. Du point, de la droite et du plan. 4ᵉ *édition*, revue et augmentée. In-8°, 100 p. et atlas de 11 pl. (11018)

COLLIGNON. Traité de mécanique; par Édouard Collignon, ingénieur des ponts et chaussées, professeur à l'École des ponts et chaussées. 3ᵉ partie. Dynamique. Livres 1, 2, 3, 4. In-8°, 612 p. 7 fr. 50 c. (8270)

FLAMMARION. La Pluralité des mondes habités, étude où l'on expose les conditions d'habitabilité des terres célestes discutées au point de vue de l'astronomie, de la physiologie et de la philosophie naturelle; par Camille Flammarion, astronome. 21ᵉ *édition*. In-12, VIII-479 p. 3 fr. 50 c. (8310)

GUILLEMIN. Les Comètes; par Amédée Guillemin, auteur du Ciel. Ouvrage illustré par MM. Rapine, Ph. Benoist et E. Guillemin de 78 fig. insérées dans le texte et de 11 grandes planches tirées à part. Gr. in-8°, XII-470 p. 10 francs. (11431)

HILLERET. Étude sur les courbes de hauteur et sur le procédé pratique consistant à les remplacer par des droites dites de hauteur. Application à la détermination du point observé. Étude géométrique du problème des courants; par G. Hilleret, lieutenant de vaisseau. In-8°, 94 p. (5806)

HOEFER. Histoire des mathématiques, depuis leurs origines jusqu'au commencement du XIX° siècle; par Ferdinand Hoefer. In-18 jésus, III-606 p. 4 francs. (9741)

LAURENT. Mémoire sur les équations différentielles ordinaires et aux différentielles totales; par H. Laurent, répétiteur à l'École polytechnique. In-8°, 24 p. (10839)

MARIE. Théorie des fonctions de variables imaginaires; par M. Maximilien Marie, répétiteur à l'École polytechnique. T. Ier. Nouvelle géométrie analytique ou extension des méthodes de la géométrie de Descartes à l'usage des lieux qui peuvent être représentés par les solutions imaginaires des équations à deux et à trois variables. In-8°, 275 p. (9772)

PAINVIN. Étude analytique de la développable circonscrite à deux surfaces de second ordre (3° partie); par M. Painvin, membre de la Société des sciences, de l'Agriculture, etc., de Lille. In-8°, 164 p. (10610)

RÉSAL. Traité de mécanique générale, comprenant les leçons professées à l'École polytechnique; par H. Resal, membre de l'Institut, ingénieur des mines. T. II. Du mouvement des systèmes matériels et de ses causes. Thermodynamique. In-8°, XV-426 p. (14 octobre.) (9538)

TANNERY. Propriétés des intégrales des équations différentielles linéaires à coefficients variables. Propositions données par la Faculté. Thèses pour le doctorat ès sciences mathématiques; par Jules Tannery, agrégé-préparateur à l'École normale supérieure. In-4°, 70 p. (11247)

2° *Physique et chimie.*

BOUTAN et D'ALMEIDA. Cours élémentaire de physique, suivi de problèmes; par A. Boutan, inspecteur général de l'instruction publique, et J. d'Almeida, professeur de physique au lycée Henri IV. 4° *édition*, entièrement revue et considérablement augmentée. T. 2. In-8°, 666 p. (10089)

Bouty. Étude sur le magnétisme. Propositions données par la Faculté. Thèses pour le doctorat ès sciences physiques; par M. E. Bouty, professeur de physique au lycée de Reims. In-4°, 48 p. (11006)

Champion et Pellet. Contrôle chimique de la fabrication du sucre Instructions de laboratoire; par MM. P. Champion et H. Pellet, chimistes de la compagnie de Fives-Lille. In-4°, 88 p. (7809)

Chautard. Quelques mots sur les raies de la chlorophylle et leurs applications en physiologie, en toxicologie et en pharmacie; suivis d'un programme de manipulations sur les bandes spectrales d'absorption; par M. J. Chautard, professeur de physique à la Faculté des sciences de Nancy. In-8°, 36 p. et 1 pl. Nancy. (8498)

Cornwall. Manuel d'analyse qualitative et quantitative au chalumeau; par H. B. Cornwall, d'après les travaux de J. H. Caswell, Dana, Berzélius, Plattner, Richter, Kobell, etc. Traduit sur la seconde édition américaine par M. J. Thoulet. In-8°, xx-668 p. (9109)

Du Moncel. Exposé des applications de l'électricité; par le comte Th. Du Moncel, ingénieur électricien de l'administration des lignes télégraphiques françaises. 3° *édition*, entièrement refondue. T. III. Télégraphie électrique. In-8°, 556 p. et 7 pl. 12 fr. 50 c. (11382)

Gautier. Chimie appliquée à la physiologie, à la pathologie et à l'hygiène, avec les analyses et les méthodes de recherches les plus nouvelles; par E. J. Armand Gautier, professeur à la Faculté de médecine de Paris. T. II. Chimie appliquée à la physiologie, 2° partie. Sécrétions, respiration, innervation et génération, chimie appliquée à la pathologie. Avec figures dans le texte. In-8°, IV-596 p. Les 2 vol., 18 francs. (30 juillet.) (7105)

Gerhardt et Chancel. Précis d'analyse chimique quantitative; par Ch. Gerhardt et G. Chancel. 3° *édition*, par G. Chancel, doyen de la Faculté des sciences de Montpellier. Avec 112 figures dans le texte. In-18 jésus, 753 p. (8 octobre.) (9172)

Havrez. Chaudières à vapeur. Vaporisation décroissante en progression géométrique; par Paul Havrez, ingénieur des mines, directeur de l'École professionnelle de Verviers. In-8°, 28 p. et 1 pl. *4 fr.* (9443)

Houzeau. Télégraphie électrique. Guide pratique pour l'emploi de l'appareil Morse, suivi du service de l'appareil à cadran et des indications relatives à l'entretien des piles; à l'usage des employés auxiliaires et des employés des postes chargés de bureaux municipaux, des guetteurs des sémaphores, etc.; par Louis Houzeau, employé des lignes télégraphiques. Orné de 30 dessins sur bois par l'auteur. In-8°, 178 p. 3 francs. (28 juillet.) (6900)

KNAB. Étude sur les goudrons et leurs nombreux dérivés; par M. C. Knab, ingénieur-chimiste. In-8°, 62 p. avec 8 fig. 3 fr. (29 octobre.) (10218)

MASSIEU. Exposé des principes fondamentaux de la théorie mécanique de la chaleur; par F. Massieu, ingénieur des mines, professeur. In-4°, 31 p. et fig. (6928)

PICARDAT. Les Mines dans la guerre de campagne. Exposé des divers procédés d'inflammation des mines et des pétards de rupture. Emploi de préparations pyrotechniques et emploi de l'électricité; par A. Picardat, capitaine au 3° régiment du génie. In-18 jésus, 167 p. 2 fr. 50 c. (8385)

3° *Géologie, minéralogie, métallurgie.*

Archives du muséum d'histoire naturelle de Lyon. T. Ier, 2e livraison. I. Notes sur les brèches osseuses des environs de Bastia (Corse); par M. Arnould Locard. II. Études sur le Lagomys corsicanus; par M. le docteur Lortet. III. Études paléontologiques dans le bassin du Rhône, période quaternaire; par M. le docteur Lortet et M. E. Chantre, avec 8 pl. 3e livraison. Études paléontologiques dans le bassin du Rhône, période quaternaire (suite); par M. le docteur Lortet et M. E. Chantre, avec 8 pl. In-4°, XXXVII-96 p. Chaque livraison, 8 francs. (8643)

COSTA DE BASTELICA. Les torrents, leurs lois, leurs causes, leurs effets. Moyens de les réprimer et de les utiliser. Leur action géologique universelle; par Michel Costa de Bastelica, conservateur des eaux et forêts. In-8°, 286 p. et 3 pl. (5968)

COURTILLER. Éponges fossiles des sables du terrain crétacé supérieur des environs de Saumur, étage sénonien de d'Orbigny; suivies des nullipores à squelette siliceux de l'étage sénonien; par A. Courtiller, directeur et fondateur du musée de Saumur. 2e *édition*, revue et augmentée. Gr. in-8°, 54 p. et 106 pl. (8681)

FALSAN. Des progrès de la minéralogie et de la géologie à Lyon, et de l'influence de Joseph Fournet sur l'avancement de ces sciences. Discours de réception à l'Académie des sciences, belles-lettres et arts de Lyon, lu en séance publique le 23 décembre 1873; par M. A. Falsan. In-8°, 61 p. (11397)

FALSAN. Note sur la constitution géologique des collines de Loyasse, de Fourvières et de Saint-Irénée, à propos de la découverte d'un nouveau gisement de mollasse fossilifère situé dans le vallon de Gorge-de-Loup; par A. Falsan. Lue à l'Académie de Lyon, dans la séance du 5 août 1873. In-8°, 20 p. et pl. (11398)

FUCHS. Mémoire sur les gisements de plomb argentifères, de cuivre et de houille des environs de Meyrueis et de Florac (département du Gard et de la Lozère), concessions de Lanuéjols et Servillières, Saint-Sauveur, Meyrueis et Gatuzières, Bédouès et Cocurès; par Edmond Fuchs, ingénieur au corps des mines. In-4°, 114 p. et 5 pl. (8314)

GRUNER. Exposition universelle de Vienne en 1873. Section française. Rapport sur l'industrie minérale; par M. Gruner, membre du jury international. Gr. in-8°, 74 p. (10512)

KRANS. Étude sur le four à gaz et à chaleur régénérée de M. Siemens; par M. F. Krans, ingénieur des mines, professeur de métallurgie à l'Université de Louvain. In-8°, 92 p. et 5 pl. 10 fr. (9465)

LALOY. Recherches géologiques et chimiques sur les eaux salées du terrain houiller du nord de la France et de la Belgique; par M. Roger Laloy, lauréat de la Société. In-8°, 24 p. (11775)

LALOY. Recherches géologiques et chimiques sur les eaux sulfureuses du Nord; par M. Roger Laloy. In-8°, 24 p. Lille, imp. Danel. (11776)

OUSTALET. Recherches sur les insectes fossiles des terrains tertiaires de la France. Propositions données par la Faculté. Thèses pour le doctorat ès sciences naturelles; par E. Oustalet, ancien élève de l'École des hautes études. In-8°, 386 p. et 6 pl. (6585)

WITWORTH. Des canons et de l'acier; par sir Joseph Witworth, baronnet. Traduit de l'anglais et publié avec autorisation de l'auteur, par M. de Poyen, capitaine d'artillerie de la marine. Avec figures. In-8°, 88 p. 3 francs. (11276)

4° Mécanique appliquée. — Exploitation et droit des mines.

ANSART. Essai sur la mécanique des vents et des courants; par A. Ansart, capitaine de frégate. In-8°, 128 p. et 8 pl. (7212)

CALLON. Cours professés à l'École des mines de Paris; par M. J. Callon, inspecteur général des mines. 2° partie, Cours d'exploitation des mines. T. II. In-8°, 616 p. et atlas de 94 pl. (10100)

CORNUT. Essais dynamométriques. Indicateur de Watt. Méthode générale d'expérimentation. Essais particuliers sur la filature de lin; par E. Cornut, ingénieur en chef de l'Association des propriétaires d'appareils à vapeur du nord de la France. In-8°, 99 p. (10748)

HÉLIE. Influence des agitations de l'air et des mouvements des navires sur le tir des projectiles lancés par les canons rayés; par M. Hélie, professeur à l'École d'artillerie de la marine. In-8°, 32 p. 1 franc. (7692)

HÉLIE. Du passage des projectiles à travers les murailles cuirassées; par M. Hélie. professeur à l'École d'artillerie de la marine. In-8°, 27 p. 1 franc. (9185)

JOUFFRET. Sur la probabilité du tir des bouches à feu et la méthode des moindres carrés; par E. Jouffret, capitaine d'artillerie, In-8°, 171 p. (11767)

PÉRISSÉ. Note sur le four à gaz avec récupérateur de chaleur, système Ponsard; par Sylvain Périssé, ingénieur civil. In-8°, 67 p. et 1 pl. (11199)

ROLLAND-BANÈS. Notice sur la recherche de la houille dans le département de la Seine-Inférieure; par Louis Rolland-Banès, ingénieur civil des mines. In-8°, 138 p. et 4 pl. (6785)

ROLLAND-BANÈS. Notice sur le terrain anthraxifère de Maine-et-Loire et de la Loire-Inférieure au double point de vue géologique et industriel; par Louis Rolland-Banès, ingénieur civil des mines. In-8°, 49 p. et 2 pl. (11224)

SEBERT. De la résistance de l'air sur les projectiles, d'après les expériences d'Athanase Dupré sur l'écoulement des fluides; par M. Sebert, capitaine d'artillerie de la marine. Avec figures. In-8°, VII-100 p. 3 francs. (9331)

5° *Constructions. — Chemins de fer.*

BARBA. Étude sur l'emploi de l'acier dans les constructions. Exposé de la méthode à suivre pour la mise en œuvre des tôles et barres profilées en métal fondu: par J. Barba, ingénieur des constructions navales. Avec 80 fig. dans le texte. In-8°, 115 p. 5 francs. (11632)

Chemins de fer français. Situation au 31 décembre 1873. Ministère des travaux publics. Direction générale des ponts et chaussées et des chemins de fer. Statistique centrale des chemins de fer. In-4°, 264 p. et carte. (6839)

CROIZETTE-DESNOYERS. Notice sur les travaux publics en Hollande; par M. Ph. Croizette-Desnoyers, ingénieur en chef des ponts et chaussées. In-4°, 211 p. et 28 pl. (5740)

DALY. Motifs historiques d'architecture et de sculpture d'ornement. 2° série: Décorations intérieures, choix de motifs empruntés aux édifices et aux habitations les plus remarquables, depuis le commencement de la Renaissance jusqu'à la fin du XVIII° siècle; par M. César Daly, architecte. Livraisons 11 à 15. In-folio, 20 pl. dont une double. Chaque livraison, 6 francs. (7662)

DEBAUVE. Manuel de l'ingénieur des ponts et chaussées, rédigé con-

formément au programme annexé au décret du 7 mars 1868 réglant l'admission des conducteurs des ponts et chaussées au grade d'ingénieur; par A. Debauve, ingénieur des ponts et chaussées. 11° fascicule. Texte. Ponts et viaducs en bois et en métal. In-8°, 310 p. et atlas. Prix: 30 francs. (7260)

L'ouvrage formera 15 à 20 fascicules et le prix sera d'environ 200 francs.

Delambre. Étude sur les chemins de fer au point de vue militaire. Concentration; exploitation; principes d'organisation. Entretien fait au cercle militaire de Versailles, le 9 juillet 1873, par le capitaine Delambre. Gr. in-18. (8283)

Malézieux. Les chemins de fer anglais en 1873. Rapport de mission; par M. Malézieux, ingénieur en chef, professeur à l'École des ponts et chaussées. Publié par ordre de M. le ministre des travaux publics. 2° *édition*. In-4°, 183 p. et carte. (30 juin.) (6371)

Mémorial de l'officier du génie, ou Recueil de mémoires, expériences, observations et procédés propres à perfectionner la fortification et les constructions militaires, rédigé par les soins du comité des fortifications. N° 23. In-8°, xxv-554 p. et 4 pl. 7f,50 (21 juillet.) (6756)

Morandière. Traité de la construction des ponts et viaducs en pierre, en charpente et en métal, pour routes, canaux et chemins de fer; avec un appendice pour la construction des souterrains; par M. R. Morandière, inspecteur général des ponts et chaussées. 1er fascicule. In-4°, viii-280 p. et pl. 1 à 53. Prix: 40 francs. (7330)

Morin. Salubrité des habitations. Manuel pratique du chauffage et de la ventilation; par Arthur Morin, général de division d'artillerie, membre de l'Institut. In-8°, 387 p. et 7 pl. 7f,50. (7163)

6° *Sujets divers.*

Annuaire des lignes télégraphiques. 1er octobre 1874. In-8°, vi-498 p. (11294)

Bonnet. Des torpilles et des bateaux-mines comme moyens de combat contre les vaisseaux cuirassés; par F. Bonnet, capitaine d'artillerie. In-12, 14 p. 0f,25. (10996)

Demmin. Histoire de la céramique en planches phototypiques inaltérables, avec texte explicatif; par Auguste Demmin. L'Asie, l'Amérique, l'Afrique et l'Europe par ordre chronologique. Poteries opaques (faïences, etc.) et kaoliniques (porcelaines). Peintures

sur lave. Émaux sur métaux. Vitraux et verreries. Mosaïques. Livraisons 92 à 99. In-folio, 2 p. et 16 pl. (6511)

Du Peyrat. Mémoire sur la fertilisation graduelle des landes de Gascogne; par M. Auguste du Peyrat, directeur de la ferme-école d'agriculture de Beyrie (Landes). In-8°, 55 p. (9134)

Nadault de Buffon. Des usines et autres établissements sur les cours d'eau. Développements sur les lois et règlements qui régissent cette matière, à l'usage des fonctionnaires de l'ordre administratif et de l'ordre judiciaire, des ingénieurs, des avocats, architectes et experts; des propriétaires d'usine et des propriétaires riverains; par M. Nadault de Buffon, ingénieur en chef. *Nouvelle édition*, considérablement augmentée et donnant le dernier état de la jurisprudence. T. Ier. Rivières et canaux navigables. In-8°, 575 p. L'ouvrage complet, 18 francs. (6782)

Wurtz. La théorie des atomes dans la conception générale du monde; par M. A. Wurtz, membre de l'Institut. Discours d'inauguration de la 3e session de l'Association française pour l'avancement des sciences (Lille, 20 septembre 1874); suivi de l'éloge de Laurent et de Gerhardt. (9824)

Wyville Thomson. Les abîmes de la mer, récits des expéditions de dragage des vaisseaux de S. M. le *Porcupine* et le *Lightning* pendant les étés de 1868, 1869 et 1870, sous la direction scientifique du docteur Carpenter, de M. J. Gwyn Jeffreys et du docteur Wyville Thomson, professeur de sciences naturelles à l'Université d'Édimbourg. Ouvrage traduit avec l'autorisation de l'auteur, par le docteur Lortet, directeur du Muséum d'histoire naturelle, et contenant 94 grav. sur bois et 8 cartes. Grand in-8°, XXVIII-454 p. 15 francs. (11593)

OUVRAGES ANGLAIS.

Ch. Darwin. *The Structure and Distribution of Coral Reefs*... La structure et la distribution des récifs de corail. 2e édition.

J. Arthur Phillips. *Elements of Metallurgy*... Éléments de métallurgie : traité pratique; avec gravures sur bois.

T. Aug. Orme. *An introduction to the Science of heat*... Introduction à la science de la chaleur. 3e édition.

J. Lucas. *Horizontal Wells*... Puits horizontaux : application nou-

veille des principes de la géologie à la solution du problème de l'approvisionnement de Londres en eau pure.

C. CARTER BLAKE. *Sulphur in Iceland.* Le soufre en Islande.

Sir W. R. GROVE. *The correlation of Physical Forces...* Les relations des forces physiques. 6e édition, comprenant d'autres mémoires scientifiques.

A. D. DAMNAY. *Treatise upon Railway Signals and Accidents...* Traité des signaux et des accidents de chemins de fer.

Sir ED. BECKETT DENISON. *A Rudimentary Treatise on Clocks...* Traité élémentaire des horloges, des montres et des cloches, avec nombreux dessins. 6e édition, revue et augmentée (*Weale's Series*).

Major EVANS BELL. *The Oxus...* L'Oxus et l'Indus.

W. H. GREENWOOD. *A Manual of Metallurgy...* Manuel de métallurgie. 1er vol. Combustibles, fer, acier, étain, antimoine, arsenic, bismuth et platine. (*Collin's Advanced Science Series.*)

Publications faites par ordre du Parlement. *Chain Cables...* Rapport de la commission chargée d'étudier l'efficacité du mode actuel d'épreuve des câbles-chaînes et des ancres.

Capitaine E. D. C. O'BRIEN. *Fortification...* De la fortification. (Manuels militaires de *Cassel.*)

W. BOYD DAWKINS. *Cave Hunting...* La chasse aux cavernes, ou recherches sur les témoignages fournis par les cavernes quant aux premiers habitants de l'Europe; avec planches coloriées et gravures sur bois.

W. SPOTTISWOODE. *Polarisation...* Polarisation de la lumière.

G. JONES. *Phosphates of Commerce...* Les phosphates du commerce : leur composition et leur étude chimique.

FRANK PROCTOR. *A Pocket Book...* Carnet de tables usuelles et de formules, à l'usage des ingénieurs mécaniciens de la marine. 2e édition revue et augmentée.

OUVRAGES AMÉRICAINS.

J. D. DANA. *Manual of Geology...* Manuel de géologie. 2e édition illustrée de plus de 1.100 figures tirées pour la plupart de documents américains, et comprenant une carte du monde terrestre. *New-York.*

Geological Survey de l'État de New-York. Paléontologie, 7e volume, 1re partie; par JAMES HALL. 63 planches in-4°. *Albany.*

C. NORDHOFF. *Northern California...* Le nord de la Californie, l'Orégon et les îles Sandwich. *New-York.*

J. HOUPT. *Improvements in Steam Engines...* Progrès dans la construction des machines à vapeur; avec diagrammes. *Philadelphie.*

G. L. VOSE. *Manual for Railroad Engineers...* Manuel des ingénieurs de chemins de fer; avec 165 bois et 31 grandes planches. *Boston.*

G. M. MOWBRAY. *Tri-nitro-glycerin...* Applications de la trinitroglycérine au percement du tunnel de Hoosac, aux mines sous-marines, aux torpilles, à l'exploitation des carrières, etc. 3e édition. *New-York.*

WILEY. *American Iron-Trade Manual...* Manuel de l'industrie sidérurgique aux États-Unis. *New-York.*

Pennsylvania illustrated... Esquisse générale de l'État de Pensylvanie; description pittoresque, histoire et industries. *Philadelphie.*

OUVRAGES ITALIENS.

G. OROSI. *Dell' acqua minerale...* Sur l'eau minérale du Val di Conca, près Viareggio. Lucca.

A. PAVESI et ROTONDI. *Relazione dei lavori...* Relation des travaux exécutés dans le laboratoire du Bureau d'essai de Milan en 1872-73. Milan.

L. GAMBARI. *Mineralogia applicata...* Minéralogie appliquée aux arts et à l'industrie. Venise.

NACCARI. *Degli strumenti pirometrici...* Instruments pyrométriques pour les usages industriels. Florence.

GASTALDI. *Studi geologici...* Étude géologique des Alpes Occidentales (seconde partie). Florence.

CAMPANI. *Processo economico...* Procédé économique pour l'extraction de la soude des eaux salées des salines de Volterra. Pise.

GABBA. *La chimica...* La chimie et les industries chimiques à l'Exposition de Vienne en 1873. Milan.

JERVIS. *Cenni geologici...* Renseignements géologiques sur les

montagnes qui se trouvent au voisinage du gisement d'anthracite de Demonte. Turin.

TASSINARI et MARCHETTI. *Relazione di analysi chimica...* Rapport sur l'analyse chimique des eaux gazeuses acidules alcalines avec lithine, de l'établissement Vanucchi, aux thermes antiques de San Martino in Uliveto. Pise.

VERRI. *Mecanica delle mine...* Mécanique des mines; sur l'art des mines. Bologne.

POLLI. *Analisi dell' acqua minerale...* Analyses de l'eau minérale de Monte Alfeo, et note sur l'action du soufre sur l'eau et les carbonates terreux. Milan.

GORINI. *Sulle cause dei terremoti...* Sur les causes des tremblements de terre et sur la nature des tremblements de terre récents des environs de Bellune. Lodi.

JERVIS. *I tesori sotterranei...* Les richesses minérales de l'Italie (seconde partie). Turin.

Enciclopedia di chimica... Encyclopédie de chimie pure et appliquée. FR. SELMI. Turin.

Statistica... Statistique du commerce spécial d'importation et d'exportation pour le premier semestre de 1874, publié par le ministère des finances. Florence.

Relazione della costruzione... Rapport sur la construction du pont du chemin de fer de Modène à Mantoue, établi sur le Pô, à Borgoforte. Florence.

OUVRAGES ALLEMANDS.

BUNSEN. *Anleitung zur Analyse...* Guide pour l'analyse des cendres et des eaux minérales. Heidelberg.

DELLINGSHAUSEN. *Beiträge zur mechanischen Wärmetheorie...* Matériaux pour la théorie mécanique de la chaleur. Heidelberg.

GEINITZ. *Das Elbthalgebirge...* Formations de la vallée de l'Elbe, en Saxe. Cassel.

HAUSHOFER. *Die Constitution der natürlichen Silicate...* Constitution des silicates naturels, d'après leurs relations géologiques. Brunswick.

Palæontologische Mittheilungen... Communications paléontologi-

ques du musée royal de Bavière, par Zittel; 2e vol., 3e partie. Gastropodes des couches de Stramberg. Cassel.

Palaeontographica... Matériaux pour l'histoire naturelle du monde primitif, par Dunker et Zittel; 20e vol., 2e partie, 4e livraison, et 22e vol., 4e et 5e livraisons. Cassel.

Rütimeyer. *Ueber den Bau von Schale*... Sur la constitution de l'écaille et du crâne chez les tortues vivantes et fossiles; matériaux pour l'histoire paléontologique de ce groupe d'animaux. Bâle.

Scharff. *Ueber den Quarz*... Sur le quartz. Francfort-sur-le-Mein.

v. Reiche. *Die Dampfkessel*... Les chaudières à vapeur à l'Exposition de Vienne, en 1873. Leipzig.

v. Reuss. *Die fossilen Bryozoen*... Les bryozoaires fossiles du miocène d'Autriche-Hongrie (première partie). Salicornaridea, Cellularidea, Membraniporidea. Vienne.

v. Alth. *Ueber die palaeozoischen Gebilde*... Sur les formations paléozoïques de Podolie et leurs fossiles. Vienne.

Möhl. *Die Basalte und Phonolithe*... Les basaltes et les phonolithes de la Saxe; recherches micrographiques. Dresde.

Handbuch der chemischen Technologie... Manuel de technologie chimique; par P. Bolley, continué par K. Birnbaum; 7e vol., Métallurgie. Brunswick.

v. Hauer. *Die Geologie*... La géologie et son application à la connaissance de la composition du sol de l'Autriche-Hongrie. Vienne.

Handbuch für specielle Eisenbahn-Technik... Manuel technique des chemins de fer, par Heusinger v. Waldegg, 3e vol. Construction des locomotives. Leipzig.

Hörmann. *Die neuen Wasserhaltungsmaschinen*... Les nouvelles machines d'épuisement du puits Dechen à Sarrebrück, de Rüdersdorf, et de la mine Ferdinand à Kattowitz. Berlin.

Krebs. *Einleitung in die mecanische Wärmetheorie*... Introduction à la théorie mécanique de la chaleur. Leipzig.

G. Rose et Al. Sadebeck. *Das mineralogische Museum*... Le musée minéralogique de Berlin. Berlin.

Schmidt. *Vulkanstudien*... Études sur les volcans. Santorin (1866-1872). Le Vésuve, Baïes, Stromboli, l'Etna (1870). Leipzig.

ANNALES
DES MINES.

NOTE

SUR DEUX ACCIDENTS ARRIVÉS DANS LES CONCESSIONS HOUILLÈRES DE CAMPAGNAC (AVEYRON) ET D'AUCHY-AU-BOIS (PAS-DE-CALAIS).

Deux explosions de grisou se sont produites, dans des circonstances analogues, l'une, le 1[er] août 1873, aux mines de Campagnac (Aveyron); l'autre, le 7 juin précédent, aux mines d'Auchy-au-Bois (Pas-de-Calais). La première n'a pas eu de suites graves; la seconde, au contraire, a coûté la vie à de nombreuses victimes.

I. On effectuait, à la concession houillère de Campagnac, l'approfondissement sous stock du puits d'Offet. Les travaux, convenablement aérés par diffusion et parvenus à quelques mètres d'une couche de houille, avaient rencontré dans la roche des fissures par lesquelles se dégageait un peu de grisou. On avait alors arrêté le fonçage et établi, à 15 mètres du nouveau fond du puits (Pl. I, *fig.* 1), un plancher à rainures jointives, sur lequel se plaçaient des mineurs pour ouvrir des galeries à travers bancs destinées à recouper horizontalement le gite. Ils s'éclairaient avec des lampes à feu nu; mais, à chaque renouvellement de poste, l'atmosphère du chantier était vérifiée avec soin

à la lampe Mueseler. Il avait, en outre, été recommandé à ces ouvriers de ne pas laisser supprimer le vide qui, régnant entre le plancher et les parois de la fosse, établissait une communication de la partie supérieure à la partie inférieure du puits. Les mineurs avaient fini par négliger cette dernière précaution, et, le 1er août 1873, l'un d'eux ayant écarté les débris accumulés à la circonférence du plancher, qui le gênaient dans son travail, une inflammation de grisou se produisit aussitôt avec une faible explosion. Heureusement les quatre ouvriers du poste ne furent que très-légèrement brûlés.

La cause de cet accident semble ici évidente. Par suite de l'obturation du vide dont il vient d'être question, le grisou, s'échappant des fissures du fond du puits, ne trouvait pas d'issue et s'accumulait incessamment au-dessous du plancher. La proportion de grisou, qui augmentait ainsi constamment, avait donc rendu inflammable le mélange gazeux existant entre ce plancher et le fond du puits. Aussi la lampe de l'ouvrier qui avait écarté les déblais mit-elle le feu à ce mélange, dès qu'une issue lui livra passage.

En résumé, l'inflammation ne se serait pas produite, si l'on avait veillé à l'exécution des ordres donnés pour que le vide qui régnait entre le plancher et les parois du puits fût toujours maintenu. Si le gaz dangereux avait eu le temps d'atteindre la proportion qui communique aux mélanges de grisou et d'air le maximum de puissance explosive, les conséquences de cet accident auraient été aussi désastreuses que celles de l'accident du 7 juin 1873.

II. L'autre explosion de grisou, qui a coûté la vie à sept victimes, parmi lesquelles le sous-ingénieur de la mine, s'est produite dans la fosse n° 2 de la concession houillère d'Auchy-au-Bois. Cette fosse circulaire est divisée en trois compartiments : 1° le petit goyau de service ou des échelles ; 2° le compartiment d'extraction ou d'arrivée de l'air ; 3° le

grand goyau d'aérage ou de retour d'air, qui contient aussi des échelles et communique par une galerie avec la cheminée des chaudières à vapeur (40 mètres de hauteur), et fait ainsi l'office de cheminée d'appel (figure 2 de la Pl. I). Ce puits sert à l'exploitation de deux étages différents, l'un E'E' à 395 mètres, l'autre EE à 420 mètres de profondeur. L'air descend par le compartiment d'extraction, passe dans les travaux de l'étage inférieur, monte dans ceux de l'étage supérieur, se rend, après les avoir parcourus, dans le grand goyau et de là dans la cheminée d'appel.

A la suite d'une saison de printemps très-pluvieuse, l'élévation des eaux dans les morts-terrains que traverse la fosse, après avoir causé un chômage prolongé, avait rendu nécessaire le rehaussement du cuvelage sur 5 ou 6 mètres de hauteur.

On avait donc, à 38 mètres à partir du jour, coupé les cloisons des deux goyaux et construit, à ce niveau, un plancher de sûreté ou maître-plancher *ab* à rainures jointives, aussi étanche que possible et suivant exactement, sur le pourtour de la fosse, la courbure de ses parois. A $2^m,25$ au-dessus, était un plancher volant *a'b'*, à nombreux interstices, sur lequel se plaçaient les ouvriers et qui devait être remonté à mesure que le travail avancerait.

Le goyau d'aérage subsistait jusqu'auprès de ce dernier plancher, dont la surface était, par ce fait, constamment léchée par un volume d'air considérable et évalué à 10 mètres cubes par seconde. La petite quantité de grisou qui aurait pu traverser la plate-forme principale devant être ainsi rapidement balayée par un courant d'air si violent, on s'éclairait avec des lampes à feu nu. Les travaux furent commencés le 5 juin, après qu'on eût constaté que l'étage de 420 mètres seul était noyé et qu'on eût fermé le maître-plancher. Ils étaient confiés aux ouvriers les plus habiles, sous la direction immédiate du sous-ingénieur M. Romieu.

Le rehaussement se fit dans de bonnes conditions et, le

7 juin, il fut nécessaire de remonter le plancher volant. Cette opération touchait à sa fin vers quatre heures du soir et les six ouvriers qui l'effectuaient, ayant terminé le nettoyage de l'ancienne plate-forme volante, étaient en train d'enlever les planches pour les placer sur les nouvelles billes.

A cinq heures, M. Romieu descendit dans la fosse et, cinq ou six minutes après, un roulement sourd se fit entendre dans le puits ; une colonne de feu s'échappa, renversa un ouvrier qui se trouvait au bord de la fosse et alla trouer la toiture qui la recouvrait. Les planchers et tous ceux qu'ils supportaient venaient d'être précipités à 430 mètres de profondeur, et l'on ne tarda pas à reconnaître qu'aucune des victimes ne pourrait être retirée vivante. Les échelles n'existaient plus que dans le petit goyau et jusqu'à 35 mètres de profondeur seulement.

La machine, en ce moment en réparation, ne fut remise en marche que le surlendemain. Les guidages étant brisés, on ne put descendre qu'avec des tonneaux. Des débris de boisage brisés encombraient le puits et rendaient cette opération périlleuse et difficile. La cloison d'aérage était détruite ; les quelques lambeaux qui en existaient encore penchaient tous vers le centre de la fosse, comme s'ils avaient été poussés par une force émanée de l'intérieur du goyau de ventilation. On n'était parvenu, le 17 juin, qu'à 170 mètres de profondeur, et la destruction était à ce niveau plus complète que partout ailleurs.

Deux cadavres, engagés dans un amas inextricable de débris de bois et trouvés dans le grand goyau, l'un à 125 mètres, l'autre à 170 mètres, avaient été retirés ; ils présentaient les traces de fortes brûlures et l'apparence de l'asphyxie. Une jambe, accrochée à des poutrelles brisées, avait aussi été aperçue, mais une fausse manœuvre l'avait fait tomber dans le puits.

Cependant les plaques de cuvelage, ébranlées par l'ex-

plosion, livraient passage à l'eau, qui éteignait les lumières des travailleurs et s'élevait rapidement. L'impossibilité de continuer les recherches fut alors reconnue : pour tenter de retirer un peu plus tôt les cadavres, il ne fallait compromettre ni la vie des sauveteurs, ni l'avenir de la fosse. Aussi les ingénieurs des mines proposèrent-ils au préfet de donner, aux mesures à prendre pour l'épuisement des eaux et la réparation immédiate du cuvelage, une sanction administrative à opposer à l'impatience de la population, qui demandait une continuation de la recherche des victimes, sans comprendre les dangers imminents qu'elle présentait.

En ce qui concerne les causes de ce grave accident, on est réduit à faire des conjectures, les sept victimes étant les seules personnes qui eussent pu donner des indications nettes et précises. On peut supposer que les choses se sont passées de la manière suivante.

Le maître-plancher, n'étant pas réellement étanche, puisque l'eau ne pouvait y séjourner, n'avait pas complétement interrompu le mouvement de l'air dans l'intérieur de la mine. D'une part, les interstices qu'il présentait laissaient pénétrer une certaine quantité d'air, qui descendait du jour et dont l'eau facilitait l'introduction par voie d'entraînement; d'autre part, la ventilation du chantier était si énergique qu'un violent appel d'air existait au-dessus de la partie du maître-plancher recouvrant le grand goyau : il agissait comme une trompe et créait, pour ainsi dire, un soufflard en ce point.

Aussi le grisou que dégageait la mine arrivait-il, au goyau d'aérage, dilué dans un volume d'air relativement faible. Ce mélange d'air et de gaz était uniforme sur toute la profondeur de la fosse, au moment de la fermeture de la plate-forme de sûreté; mais la proportion du gaz augmentait depuis lors et allait en croissant à partir du maître-plancher, le mélange le plus explosif se trouvant ainsi à

une certaine distance au-dessous, les couches les plus élevées pouvant être devenues inflammables et susceptibles de communiquer l'inflammation aux couches suivantes. Emportées et noyées dans le courant qui aérait le chantier, elles ne présentaient au-dessus du plancher volant aucune espèce de péril; le danger était très-grand, au contraire, à leur sortie immédiate au-dessus du maître-plancher.

M. Romieu, arrivant dans le puits au moment de la reprise des travaux sur la nouvelle plate-forme, a dû naturellement être porté à examiner la partie de cuvelage déjà posée. Il a pu descendre avec un ou plusieurs ouvriers sur le maître-plancher et promener sa lampe contre les parois du puits, mettre ainsi le feu au mélange explosif qu'ils rencontrèrent dans ce mouvement. C'est alors que se serait produite, dans le grand goyau, cette série non interrompue d'explosions dont les effets de destruction les plus violents se firent sentir, comme il a été dit plus haut, dans la région du puits située à 170 mètres du jour.

Il ressort de ce triste événement que les mesures adoptées dans la houillère d'Auchy-au-Bois pour le rehaussement des cuvelages, d'après la pratique ordinairement suivie dans les mines du Nord, étaient insuffisantes pour écarter toute chance d'accident. On doit empêcher le grisou de s'accumuler au-dessous du maître-plancher et de former ainsi des mélanges explosifs. Il faut donc favoriser la circulation du courant d'air dans l'intérieur de la mine et, à sa sortie, lui donner issue par une gaîne spéciale débouchant au-dessus des planchers, à une hauteur convenable dans le goyau de retour d'air.

Il est à peine besoin d'ajouter, à la fin de cette note relative à deux accidents analogues, que, pour éviter toute chance de danger, il faut, quand on se trouve en présence du grisou, toujours prohiber l'usage des lampes à feu nu,

même auprès d'un barrage situé à l'intérieur de la mine et derrière lequel peut se trouver une accumulation de grisou, quelque étanche que soit ce barrage et quelque satisfaisant que soit l'aérage en avant.

NOTICE

SUR

LES GISEMENTS DES MINERAIS D'ARGENT

LEUR EXPLOITATION ET LEUR TRAITEMENT MÉTALLURGIQUE

AUX ÉTATS-UNIS

Par M. P. L. BURTHE, ancien élève de l'École des mines.

DEUXIÈME PARTIE.

MÉTALLURGIE.

Historique. — Quand on découvrit le Comstock en 1859, on ne connaissait aux États-Unis ni les minerais d'argent, ni les méthodes de traitement qui leur sont applicables. Le nouveau minerai étant riche en or, on le traita comme on traitait en Californie le quartz aurifère, par l'amalgamation directe ; les résultats furent désastreux. D'une tonne de minerai valant 2.840 francs, on tirait de 300 à 400 francs. En 1860, avec ou plutôt malgré un pareil mode de traitement, les exploitations du Comstock produisirent une somme de 470.000 francs ; cette valeur produite correspondait, d'après les essais, à une valeur perdue d'environ 2 millions de francs. On sentait le mal ; mais on *n'avait pas le temps* d'y remédier : il fallait absolument produire pour donner confiance aux actionnaires des mines. A la fin de 1862 on adopta le procédé mexicain du *patio*, et la production s'éleva à plus de 30 millions de francs. L'étonnement qu'excita cet accroissement prodigieux était très-

naturel. On l'attribua généralement aux développements des travaux de mines et à la richesse du filon, mais la nouvelle méthode de traitement contribua pour beaucoup à cet heureux événement. Elle dut bientôt elle-même être mise de côté : elle était trop lente pour l'activité américaine ; elle coûtait trop cher, environ 150 francs par tonne traitée, non compris les frais généraux et les pertes ; enfin le climat rigoureux du Nevada n'était pas favorable aux réactions qu'elle met en jeu. Le procédé de Freyberg la remplaça en 1865 ; il permettait de traiter une tonne de minerai pour 115 francs, y compris les frais généraux ; on perdait au minimum 13,5 p. 100 de la valeur constatée à l'essai, mais comme les mineurs payaient 255f,50 par tonne pour frais de traitement, les bénéfices des usines étaient respectables. Des raisons d'économie et une diminution sensible dans la richesse des minerais firent abandonner promptement ce procédé pour celui qui est connu sous le nom de *procédé des pans*, et qui n'a pas tardé à devenir d'un usage général. Si, au point de vue de la quantité de métaux précieux qu'il permet d'extraire d'un minerai, il est inférieur au procédé de Freyberg, il a sur ce dernier l'avantage de se prêter à une marche rapide et à l'exploitation de minerais à basse teneur. Depuis son adoption, il a subi un certain nombre de modifications portant bien plus sur la forme des appareils que sur le fond même du traitement.

En 1862 survint la découverte des sulfo-arséniures et sulfo antimoniures d'Austin. De même que les mineurs du Comstock avaient appliqué aux sulfures d'argent le traitement suivi en Californie pour le quartz aurifère, de même, à Austin, on appliqua aux nouveaux minerais la méthode appliquée aux minerais du Comstock. L'insuccès conduisit bientôt à introduire un grillage et une chloruration préalables ; et c'est sur les appareils servant à ces opérations préparatoires que s'est exercée depuis l'imagination des inventeurs.

La même série de faits se reproduisit plus tard dans le Colorado. Les minerais y sont plombo-zincifères ; on leur appliqua le procédé californien, puis le procédé du Comstock, et enfin le procédé d'Austin ; aucun ne réussit complétement. En laissant de côté les minerais par trop plombeux, c'est-à-dire les plus riches, on put se servir du dernier procédé. On s'en serait tenu là, mais au voisinage des mines d'argent se trouvait heureusement une usine fondant pour mattes les pyrites aurifères du comté de Gilpin ; elle utilisa une partie des minerais d'argent, et à son exemple d'autres établissements furent fondés pour traiter les minerais par fusion.

Ces expériences successives ne furent pas perdues pour les habitants de l'Utah et de l'est du Nevada ; quand ils commencèrent à exploiter leurs plombs argentifères, ils fondirent directement leurs minerais au four à cuve au lieu de chercher à les amalgamer. Dans l'Utah on réussit relativement bien ; mais dans l'est du Nevada, on jugea opportun de griller des minerais oxydés de plomb et les résultats de l'opération furent tels qu'on fut sur le point d'abandonner les minerais comme intraitables.

Telles sont les différentes phases par lesquelles a passé la métallurgie de l'argent aux États-Unis. Elles montrent des industriels animés d'un esprit d'imitation singulier chez des hommes aussi audacieux et entreprenants que les Américains, et pleins en même temps d'une ignorance contre laquelle des ingénieurs très-capables ont grand'peine à réagir.

Méthodes générales de traitement. — Actuellement les minerais sont traités soit par amalgamation, soit par fusion.

Deux procédés d'amalgamation sont en usage :

Le premier, connu sous le nom de procédé de *Reese River*, est appliqué aux sulfo-arséniures et sulfo-antimoniures d'Austin, aux minerais de première classe du

Comstock, aux minerais zingueux et plombeux de Georgetown, etc. Il se compose de trois opération principales :

1° Bocardage *à sec ;*

2° Grillage et chloruration ;

3° Amalgamation dans des pans, à chaud.

Le deuxième procédé, dit *procédé Washoe*, est le plus répandu. Il s'applique aux minerais de 2° et 3° classes du Comstock, à ceux de White Pine (Nevada oriental), de certains districts de l'Utah, etc., etc.

Les opérations consistent en :

1° Un bocardage *avec eau ;*

2° Amalgamation, *avec réactifs chimiques*, dans des pans, à chaud.

Dans les deux procédés on recueille, nettoie et distille de la même façon l'amalgame obtenu.

La méthode par fusion est employée dans l'Utah, l'est du Nevada, le Montana, le Colorado, etc. Dans le premier territoire, c'est une fonte directe au four à cuve ; dans le Colorado, c'est une fonte pour mattes au four à réverbère, ou une série plus compliquée d'opérations.

CHAPITRE PREMIER.

PROCÉDÉS D'AMALGAMATION.

---

§ 1. — Méthode de Reese River.

Bocardage. — Les minerais arrivent aux usines sans avoir subi d'autre préparation mécanique qu'un triage grossier aux chantiers. Ils sont donc en morceaux de toute dimensions, depuis les poussières fines jusqu'aux blocs de 0m,30 à 0m,40. Le bocardage a pour but de les réduire en

poussières permettant un grillage et une chloruration faciles.

Avant de passer les gros morceaux aux bocards, on les réduit à des dimensions convenables au moyen d'un concasseur. On cherche à leur donner une grosseur telle que chaque morceau soit broyé par un seul coup de la flèche du bocard; de trop gros morceaux soulèvent la flèche, diminuent sa hauteur de chute et par conséquent l'effet utile. L'appareil le plus répandu est le concasseur Blake. Les autres appareils employés, parmi lesquels je citerai le concasseur Dodge, ne sont que des modifications plus ou moins heureuses de ce type, qui a été assez souvent décrit pour qu'il soit inutile d'y revenir. Les minerais à gangue argileuse sont difficiles à traiter avec ce concasseur; d'autre part un minerai très-sec donne une grande quantité de poussière.

Toutes les matières, concassées ou non, sont ensuite séchées. A cet effet on les étend sur une série de plaques de fonte de 5 à 6 mètres de largeur sur 8 ou 10 mètres de longueur. Ces plaques reposent sur des voûtes en briques ou en maçonnerie dans lesquelles circule un courant d'air chaud. Généralement les gaz sortant des appareils de grillage servent à cette dessiccation; quelquefois on emploie des chauffes spéciales. Il est permis de douter de l'efficacité de cette opération, quand on songe que le minerai ne reste exposé à la chaleur qu'un temps fort court et sur une plaque assez généralement froide.

Le minerai concassé, puis séché, est bocardé.

Bocards. — La disposition des bocards est représentée *fig*. 4, Pl. I. L'ensemble de la construction repose sur d'énormes poutres, *a*, de $0^m,60$ à $0^m,80$ d'équarrissage, enfoncées dans le sol à une profondeur variable suivant la solidité du terrain, et solidement reliées entre elles; on tasse fortement de la terre dans les intervalles. — Sur la poutre *a* est fixé, au moyen de boulons, le mortier du bo-

card; au-dessus s'élève la tige guidée par des pièces en bois *b*. Ces guides sont réunis aux poteaux *d* qui forment l'échafaudage de la batterie et leur servent de moises. Enfin des tirants en fer ou des pièces de bois *t* maintiennent ces poteaux *d* et les réunissent aux poutres transversales *c*. Tel est l'ensemble de la construction qui est très-solide. — Les fondations surtout demandent une grande solidité. Quelquefois, en particulier dans le Colorado, on remplace la pièce verticale *a* par une série de poutres *a'* longitudinales (*fig.* 8, Pl. I), supportant des poutres *a''* transversales. Le nombre de ces poutres *a''* est égal au nombre des flèches, de même que le nombre des poutres *a*, lorsque celles-ci sont employées. Sur la poutre *a''* s'élève alors un gros bloc *a'''*, qui soutient le mortier. — Lorsqu'on emploie ce dernier système de fondations, on cherche à l'établir sur le roc solide; si ce roc est à une trop grande profondeur, on commence par une ou plusieurs assises de maçonnerie.

Le mortier est un vase en fonte à l'intérieur duquel jouent les flèches du bocard; il empêche les matières pulvérisées d'être projetées en tous sens autres que ceux qui sont réservés à leur sortie. Cette pièce présente quelques variétés suivant les localités. Sa hauteur ne dépasse pas $0^m,80$ ou $0^m,90$. — Généralement la décharge est double, c'est-à-dire que sur chacune des deux faces longitudinales on ménage une ouverture de hauteur variable suivant la hauteur du mortier : de $0^m,30$ à $0^m,45$ dans le modèle élevé; de $0^m,20$ dans le petit modèle. — Tantôt le mortier est coulé d'une seule pièce pour une batterie entière; tantôt il est composé de plusieurs morceaux coulés séparément et rajustés au moyen de forts boulons; cette dernière disposition est commode pour les transports dans les montagnes. — Le bocard est chargé en M, ouverture de $0^m,10$ environ de largeur. — Au fond du mortier est ménagé un retrait dans lequel on loge le dé (die) sur lequel frappe la

tête du pilon. Le sommet de ce dé est à environ 0m,20 au-dessous du seuil de la porte de décharge.

Les ouvertures de décharge encadrent des grilles en fil de fer, ou plus généralement en fil de laiton. Ces grilles portent dans le commerce des numéros désignant les dimensions des trous : par exemple, le n° 40 porte 1.600 *meshes à l'inch carré;* le nombre de *meshes* varie de 900 à 10.000 à l'inch carré. On ne tient pas toujours dans les usines un compte suffisant de l'influence de ces grilles sur le travail du bocard; ainsi il n'est pas rare de trouver sur un même mortier deux grilles de numéros différents. — Ces grilles sont maintenues dans des cadres en fonte ou en fer rectangulaires et placés dans les ouvertures de décharge sous des angles qui varient de 13 à 25° à partir de la verticale.

Le dé (die) du bocard est une pièce en forme de cylindre ou de tronc de cône de 0m,075 à 0m,15 d'épaisseur. Le plus souvent à chaque tête de bocard correspond un dé; cependant dans le Colorado, à Georgetown, les dés de cinq bocards ne forment qu'un seul bloc. On peut objecter à cette disposition la nécessité de changer tout le bloc quand une portion seulement est usée. La surface supérieure du dé est toujours légèrement plus grande que celle du pilon qui vient la frapper; elle est en fer forgé; la portion inférieure en fer plus doux ou en fonte. Entre deux dés consécutifs d'une même batterie, on ménage un intervalle de 0m,019 à 0m,030. D'après la façon dont cette pièce est encastrée dans le mortier, on voit qu'il est facile de la changer quand elle est hors de service.

La flèche du bocard se compose de quatre pièces : la tête, la tige, le mentonnet et la semelle.

La tête (head) est une pièce cylindrique de 0m,45 à 0m,50 de longueur, avec un diamètre correspondant déterminé par le poids à donner; elle est en fonte, fortifiée le plus souvent aux deux extrémités au moyen d'un bandage

en fer forgé mis à chaud. Deux ouvertures coniques de $0^m,15$ de hauteur sont ménagées : l'une à la partie supérieure pour recevoir la tige, l'autre à la partie inférieure pour recevoir la semelle. Au moyen d'une encoche, on peut donner du jeu soit à la semelle, soit à la tige.

La tige (stem) est en fer forgé, d'un longueur de 3 à 4 mètres, d'un diamètre de $0^m,050$ à $0^m,075$. Sa portion inférieure s'engage comme on l'a dit dans la tête; c'est presque toujours en ce point qu'elle se brise. A sa partie supérieure, elle porte un filet de vis sur lequel on peut manœuvrer le mentonnet, l'amener à la position voulue, et l'y fixer au moyen d'une clef.

Le mentonnet (tappet) est une portion creuse de cylindre, munie de rebords à ses deux extrémités; il pèse ordinairement de 27 à $30^k,50$; sa hauteur varie de $0^m,125$ à $0^m,200$, et son diamètre de $0^m,06$ à $0^m,085$. Ordinairement on le fait en fer forgé, quelquefois en fonte, et alors on protége sa portion inférieure par un anneau d'acier. Il est fixé sur la tige comme on a vu. Depuis quelque temps on emploie une autre disposition ayant pour but d'en faciliter la mise en place et l'enlèvement. Ce nouveau mentonnet porte le nom de *Wheeler's Gib-tappet* (*fig.* 7, Pl. I). Sur une des génératrices intérieures du cylindre, on ménage une cavité dans laquelle on engage une pièce en fer forgé plate à l'extérieur et creusée à l'intérieur de façon à s'appliquer exactement sur la tige du bocard, et l'on serre ce *gib* sur la tige au moyen de deux clefs introduites dans les cavités *a'*.

La semelle (shoe) est un cylindre en fonte à sa partie supérieure, en fer forgé à sa partie inférieure; son diamètre correspond à celui de la tête; c'est-à-dire qu'il varie de $0^m,15$ à $0^m,20$. Elle porte en appendice une tige de $0^m,15$ de longueur, et d'un diamètre égal à la moitié du sien, destinée à la fixer à la tête. — Lorsqu'on érige la batterie, on commence par fixer la tige à la tête; on met le mentonnet en

place. Puis on installe la semelle sur le dé, bien en place au-dessous de la tête, en enveloppant son appendice de petites languettes de bois, réunies par une ficelle. On laisse tomber la flèche; la semelle s'engage dans la tête avec assez de force pour être soulevée au mouvement suivant; chaque nouveau coup la fixe plus fortement en place.

Le poids total des flèches armées est très-variable; il est moins élevé en général dans le Nevada que dans le Colorado, quoique les appareils récemment construits dans le premier État accusent une tendance en faveur des bocards lourds. On peut considérer 250 livres ($113^k,5$) comme une limite inférieure de ce poids et 1.100 livres ($499^k,4$) comme une limite supérieure; la flèche de 700 livres (317 kilog.) est très-répandue. Ce poids total est réparti d'une façon irrégulière entre les quatre pièces; dans le Colorado, on rencontre fréquemment les rapports 5:3:1:2 (tête, tige, mentonnet, semelle).

Dispositions auxiliaires. — Les pilons sont mis en mouvement par des cames ayant une section en T. Le profil de ces cames est la développante du cercle qui a pour rayon la distance de l'axe de l'arbre des cames à l'axe de la tige du pilon. Cette forme permet à la came de prendre le poids du pilon à la distance pratiquement la plus voisine de l'axe de la came; il s'ensuit que le mouvement d'élévation se fait progressivement, presque sans choc initial. Cette développante est raccourcie à l'extrémité de la came; de cette façon, on évite l'usure de la pièce sur le mentonnet suivant une ligne allant du centre de la came à son extrémité. Les cames sont doubles; généralement on les coule ensemble à l'extrémité d'un diamètre sur un anneau de $0^m,125$ à $0^m,150$ et de $0^m,30$ à $9^m,30$ d'épaisseur. Cet anneau est fixé sur l'arbre, soit au moyen d'un pas de vis, soit au moyen d'une clef. Les cames sont en fonte; leur surface extérieure, c'est-à-dire celle qui travaille, est protégée par une bande en fer large de $0^m,065$,

épaisse de $0^m,04$. — Quelquefois, au lieu de couler la paire de cames avec l'anneau, on la visse sur lui ; ou bien encore on coule chaque came avec une moitié d'anneau et l'on visse ces deux moitiés l'une sur l'autre. Dans le Nevada, on voit quelquefois une flèche mue par une came unique, et alors le nombre des révolutions que l'arbre fait par minute est plus considérable ; mais généralement on préfère la double came pour avoir un frottement moindre de l'arbre pour un nombre donné de chutes de la flèche. — Partout la came, en même temps qu'elle soulève le pilon, lui imprime un mouvement de rotation dû au frottement sur le mentonnet. On attribue à cette disposition divers avantages, dont le plus sérieux paraît être une répartition plus égale de l'usure sur la semelle et sur le dé.

L'arbre des cames est en fer forgé. Quand il dessert une batterie de cinq flèches on lui donne un diamètre de $0^m,112$: s'il en dessert dix, ce qui est assez rare, on porte son diamètre à $0^m,125$ et on le soutient par un support médian. Son axe est placé à $0^m,175$ ou $0^m,225$ des tiges. Les cames sont fixées sur lui de façon à soulever les flèches successivement et dans un ordre donné ; l'ordre 1, 4, 2, 5, 3 est fréquent.

La hauteur de chute du pilon varie de $0^m,20$ à $0^m,35$; elle est plus élevée généralement dans le Colorado que dans l'Utah et le Nevada. On peut dire que dans le premier pays la moyenne est de $0^m,312$, tandis que dans les deux autres elle ne dépasse pas $0^m,225$. Inversement, le nombre des chutes par minute est plus élevé dans le Nevada, où il monte jusqu'à 98, que dans le Colorado. On peut considérer 80 chutes par minute comme une moyenne dans le Nevada. La hauteur de chute et la vitesse sont d'ailleurs liées l'une à l'autre par des conditions géométriques et des considérations pratiques.

Les batteries sont mises en mouvement par des machines à vapeur qui, d'ordinaire, desservent toute l'usine ; dans

les pays assez favorisés pour posséder de l'eau, on emploie des turbines. — Les transmissions de mouvement se font toujours par courroies. — Chaque batterie de 5 flèches a ses poulies, engrenages, arbre de cames, etc., distincts, en sorte qu'on peut l'arrêter sans troubler la marche des autres. Quand on calcule la force de la machine motrice à employer dans une usine, on compte généralement 1 1/8 cheval-vapeur par flèche et 5,5 chevaux-vapeur pour un concasseur Blake, les pertes par frottements réservées, de sorte qu'une usine ayant 1 concasseur et 30 flèches devrait employer pour cette partie de son outillage une force de $39^{ch},22$, la même machine servant à mettre en mouvement les pans et autres appareils. On fait le calcul de la façon suivante; nous supposerons à l'usine 60 flèches.

	chevaux-vapeur.
60 flèches	67,5
22 pans à 4 chevaux chaque	88,0
11 settlers à 3 chevaux chaque	33,0
3 concentrators à 2 chevaux chaque	6,0
1 concasseur	5,5
Frottements	25,0
Force totale	225,0

L'alimentation des bocards se fait à la main ; on emploie 2 ou 3 hommes pour 10 bocards, suivant que les postes sont de 8 ou 12 heures. Le chargeur se guide sur le son pour choisir le moment où il doit introduire la charge dans le mortier. Je n'ai rencontré qu'un seul appareil de chargement automatique, ce qui est surprenant quand on réfléchit au prix élevé de la main-d'œuvre. Le principe de cette machine est celui-ci : Quand, par suite de la pulvérisation et de l'écoulement des matières, la tige de la flèche descend au-dessous d'un certain niveau, elle donne une secousse à une pièce d'un réservoir H, ce qui amène la décharge d'une certaine quantité de minerai dans le mortier. Dans le croquis (*fig.* 5, Pl. I) A est la tige du bo-

card ; elle porte un second mentonnet B, placé de telle façon, que quand la roche a été réduite au point de ne plus atteindre un niveau convenable dans le mortier, il frappe en tombant l'extrémité du levier C. Une tige E traverse l'autre extrémité de ce levier et le supporte par un collier fixé sur elle au moyen d'un pas de vis ; par conséquent on peut régler à volonté la hauteur de ce collier sur E. Une deuxième tige D, munie de deux crochets, met en communication le levier avec la porte du réservoir H. — B touchant sur C le fait pivoter ; D se soulève et ouvre la porte de décharge de H.

Les résultats obtenus avec ces bocards sont en général satisfaisants. On compte qu'une flèche peut broyer en moyenne une tonne de minerai quartzeux en vingt-quatre heures. Suivant la dureté de la gangue, cette quantité broyée varie entre $0^t,9$ et $1^t,8$.

Quant à l'usure, elle peut être estimée à 1 kilogramme de fonte par tonne de minerai broyée, le minerai étant de dureté moyenne.

Grillage et chloruration. — Cette opération, importante et délicate, n'est pas en faveur auprès des Américains, à cause des prix élevés de la main-d'œuvre et du combustible et de l'inexpérience des ouvriers. Les différents appareils qui ont succédé au four à réverbère dans le Nevada et le Colorado ont été inventés pour parer à ces difficultés. — Le four à réverbère n'est plus employé qu'à Georgetown ; le four Stetefeldt l'a partout remplacé dans le Nevada ; dans certains districts du Colorado on emploie les cylindres Brückner. Les autres appareils de grillage ne sont que des contrefaçons de ceux-ci.

Four à réverbère de Georgetown (usine Stewart). — Les *fig.* 3 et 4, Pl. II, montrent deux fours installés suivant l'usage dans le même massif de maçonnerie. L'appareil coûte $4.593^f,80$. — La charge pour chaque four est de $544^k,8$.

Au moment du déchargement, le four est complétement noir; comme il est très-chaud à la fin de l'opération précédente, on le laisse refroidir pendant une demi-heure ou une heure entière; au besoin on retire le bois du foyer. — La charge introduite, l'ouvrier l'étale avec un ringard sur la sole, de façon à former une couche de 2 à 3 centimètres d'épaisseur; il la laisse en repos pendant un quart d'heure, la brasse pendant le quart d'heure suivant et la soumet à ces alternatives de repos et de brassage. C'est la première partie de l'opération, le grillage; il dure de six à huit heures. La galène entrant en forte proportion dans le minerai, il faut de grandes précautions pour éviter son agglomération et sa fusion. — Vers la fin du grillage, on élève la température jusqu'au rouge sombre; les minerais prennent alors une teinte d'un brun jaune.

Le grillage terminé, on ferme le registre du four et l'on ajoute le sel; la quantité ajoutée varie, suivant la nature du minerai, de 90 à 115 livres pour 1.200 livres de charge, soit de 7,5 à 9,5 p. 100. — Le registre est ouvert de nouveau; on brasse pendant vingt minutes; les matières se gonflent et s'agglutinent. On les rassemble dans la partie centrale du four de façon à former une couche de $0^m,08$ à $0^m,10$ d'épaisseur. Après vingt minutes de repos, on retourne à la pelle en rejetant chaque pelletée vers le pont; puis on transporte dans la partie la plus éloignée du four la zone de minerai qui était la plus voisine du four, cette zone n'ayant que la largeur de la pelle. La masse restante est transportée plus près du pont, sa surface égalisée, puis une nouvelle zone transportée à l'extrémité du pont, et ainsi de suite. Pendant toute la durée de ce travail on élève progressivement la température; la flamme circule librement dans tout le réverbère, mais sans lécher le minerai; des vapeurs blanches abondantes se dégagent de la masse. — L'opération dure de quatre à sept heures; sa fin est signalée par la disparition de l'odeur du chlore et la teinte

jaune clair que prend la matière. On décharge au moyen d'un ringard par la porte de derrière ; le minerai grillé et chloruré est étalé au pied du four ; on l'arrose pour qu'il refroidisse plus vite ; puis on le charge dans des wagons qui le transportent à l'atelier des pans.

En moyenne, à Georgetown, la durée de l'opération entière varie de douze à seize heures, en sorte qu'un four ne peut passer plus de 1t,5 à 1t,8 en vingt-quatre heures, et quelquefois beaucoup moins. Le minerai de la mine Terrible, au contraire, est grillé et chloruré en douze heures, la charge étant de 1.200 livres.

On évalue très-sommairement les frais par tonne de la façon suivante :

	francs.
Main-d'œuvre	18,14
Combustible, 3^{m3},972 à 6^{f},38 le mètre cube	25,34
Sel, à 0^{f},28 le kilogramme	17,79
	61,27

En 1870, à Austin, les frais de grillage étaient ainsi répartis pour le traitement de 314^{t},729 :

	francs.
Main-d'œuvre. 22 hommes payés $2.2212, soit par tonne.	36,753
Combustible. 236 cords de bois à 41^{f},20 la cord, soit par tonne 2^{m3},700	30,145
Sel. 70.017 livres, payées $1.234,14, soit par tonne 100^{k},7	20,188
Total par tonne	87,086

Dans les usines qui traitent au réverbère les minerais de 1re classe du Comstock, les frais sont évalués à 45^{f},422 ou 56^{f},780 par tonne, en comptant le mètre cube de bois à 5^{f},68 ou 7^{f},094. Mais comme dans les exemples précédents, les frais généraux, les pertes, etc., sont négligés.

Cylindre Brückner. — Ce four (*fig.* 8, Pl. II) affecte la forme d'un cylindre, fait ordinairement de plaques de chaudières ; sa longueur est de 3^{m},60, son diamètre de 1^{m},80. On le revêt intérieurement de matériaux réfractaires, et

le diamètre du cylindre libre est alors réduit à 1m,10. Il repose sur des galets de friction, ce qui lui permet de prendre autour de son axe le mouvement de rotation que lui transmet un engrenage. La flamme du foyer traverse ce cylindre et rencontre un diaphragme longitudinal en fer, revêtu quelquefois de matériaux réfractaires, et divisé en sections, *e*, dont les extrémités s'engagent dans des rainures pratiquées sur les pièces *f*, tubes creux traversant le four; l'air extérieur circule dans ces tubes *f*. L'ensemble du diaphragme fait avec l'axe du cylindre un angle de 10 à 15°, en sorte que, quand le cylindre est chargé et en mouvement, le diaphragme assure un mélange intime et un mouvement continuel de la masse du minerai. D'un côté ce cylindre repose sur la maçonnerie du foyer ; de l'autre il s'ouvre dans la cheminée ; quelquefois on le fait déboucher dans une chambre de condensation. — Il fait de une à deux révolutions par minute.

La charge est de 1t,362 à 1t,816 de minerai, plus 8 ou 10 p. 100 de sel. A l'usine Cariboo (Colorado), d'après M. J. Th. Locke, on passe de 7t,25 à 9 tonnes de galène et de minerai d'argent proprements dit par vingt-quatre heures, au prix de 31f,26 par tonne. — Le four coûte 10,000 francs environ. Son usage est peu répandu.

Four Stetefeldt. — Les *fig.* 1 et 2, Pl. II, représentent le four tel qu'il existe à Georgetown. Ceux d'Austin, Belmont, Monte-Christo, dans le Nevada, n'en diffèrent que par des modifications insignifiantes nécessitées dans les chauffes par la nature du combustible employé.

A est un puits de 6m,08 de hauteur, ayant une section de 0mq,8317, qui augmente progressivement jusqu'au fond où elle atteint 2mq,31. Cette disposition empêche les poussières d'adhérer aux parois. Au sommet est un alimentateur au moyen duquel le minerai, pulvérisé et préalablement mélangé à du sel, est précipité d'une manière continue en nuages de poussière fine. Pendant cette chute qui dure en-

viron deux secondes, le minerai doit être grillé et chloruré. — On laisse une demi-tonne ou une tonne s'accumuler au fond du four avant de décharger par la porte *c*. Les gaz s'échappent en *d* et passent par la cheminée descendante, appelée *flue;* les flèches indiquent la marche du courant. — Dans le flue *e*, les poussières fines entraînées ont chance de subir un grillage et une chloruration partiels.

Les chauffes sont au nombre de trois : deux pour le puits A, une pour *e*. De chaque côté des grilles est un canal d'admission pour l'air dont on règle l'entrée à volonté.

Des chambres de condensation font suite au flue *e*.

Le four est déchargé environ toutes les quarante-cinq minutes. Armé d'un grand râteau, qu'une corde soutient en son milieu, l'ouvrier fait tomber les matières du fond du four sur le sol, où il les étend et les arrose pour les refroidir, puis les charge dans les wagons qui les conduisent à l'atelier d'amalgamation. — Le flue est déchargé toutes les deux heures ; les chambres de condensation sont nettoyées une fois par semaine, ainsi que le flue dont les parois sont alors grattées du haut en bas.

L'alimentation du four est entretenue automatiquement par un appareil ingénieux. — On ne pouvait employer un appareil comme celui du four Gerstenhöfer, puisque cet appareil force le minerai dans le four ; on formerait ainsi des blocs de minerai aggloméré au lieu d'une poussière fine. On avait pensé primitivement à un appareil soufflant, mais on y renonça pour ne pas augmenter la vitesse de chute, et surtout les pertes déjà très-sensibles produites par l'entraînement mécanique de matières si finement broyées. — On a alors adopté la disposition suivante. Sur le sommet du four est installé un cadre en fonte, *a*, creux et refroidi par un courant d'eau continu. A l'intérieur de ce cadre est installée une grille également en fonte, couverte d'une toile métallique, *b*, fine. Une deuxième toile métallique, beaucoup plus grossière, *c*, se promène très-

près de *b*. Elle est fixée à un cadre *d* qui repose, à l'intérieur de *a*, sur des galets de friction et reçoit un mouvement de va-et-vient d'une pièce excentrique, dont l'excentricité est de $0^{m},0415$. — Ce cadre étant mis en mouvement, la toile *c* pousse doucement la matière au travers de *b*, d'un jet continu, dans le four. L'arbre de la pièce excentrique peut faire de 30 à 70 révolutions par minute.

Les frais de construction d'un four Stetefeldt pouvant traiter 20 tonnes par vingt-quatre heures sont estimés comme suit dans le Nevada :

	francs.
Fonte moulée. 4.983 kilog. à $0^{f},690$ le kilog.	3.399,00
Fer forgé. 1.902 kilog.	1.297,80
Transports, écrous, paquetage, etc.	4.315,70
Briques réfractaires. 1.100 à.	453,20
Argile réfractaire.	77,25
Pierres de fondations, bois, etc.	3.090,00
Briques ordinaires. 100.000 à $61^{f},80$ le mille.	6.180,00
Main-d'œuvre : 4 maçons pendant 30 jours à 30,90 par jour ; 1 forgeron — 20 — ; 2 charpentiers — 10 — ; 4 manœuvres — 30 — à 18,025	7.107,00
Fret des matériaux depuis San Francisco.	7.416,00
Direction.	3.090,00
Total.	36.425,95

Dans le Colorado, le four revient à 45 ou 46.000 francs.

Au point de vue américain, ce four présente deux grands avantages : il économise le combustible et la main-d'œuvre. Il permet de griller et chlorurer de 20 à 30 tonnes de minerai pyriteux avec $10^{m^3},908$ de bois, en employant 6 ouvriers (3 chauffeurs devant surveiller l'alimentation et 3 déchargeurs) si les postes sont de huit heures, et 4 ouvriers seulement si les postes sont de douze heures. Une usine qui emploie un seul Stetefeldt serait obligée d'employer de 18 à 20 réverbères, soit 18 ouvriers avec postes de douze heures, et 27 avec postes de huit heures. Il ne faut pas

chercher ailleurs les raisons qui font préférer cet appareil au four à réverbère.

Voici les résultats qu'il a donnés à Austin pendant les six premiers mois de 1873 :

	NOMBRE de jours de marche.	QUANTITÉ de matière *chlorurée* p. 100 de minerai.	NOMBRE de tonnes passées par 24 heures.	QUANTITÉ de sel employée p. 100 de minerai.	BOIS brûlé.	CHARBON de bois.
					mèt. cubes.	kilog.
Janvier.	29	91,91	15,739	10,05	»	»
Février.	23 (à 12 heures de marche seulement.)	92,98	13,097	10,35	»	»
Mars. . .	26 (à 12 heures de marche seulement.)	93,02	10,052	8,50	»	»
Avril. . .	19	91,89	19,622	8,09	156,743	24.157,00
Mai. . .	26	88,53	21,198	7,50	221,067	39.207,00
Juin. . .	25	88,76	21,283	6,99	205,220	38.782,00

Les nombres de la deuxième colonne indiquent quelle est la quantité d'argent qui se trouve à l'état de chlorure dans la matière qui sort du four et qu'on va passer à l'amalgamation. Les quatre cinquièmes des matières ainsi essayées sortent du puits du four ; l'autre cinquième sort du flue. Cette proportion des matières chlorurées est très-variable ; elle change d'un jour à l'autre ; généralement très-peu supérieure à 89 p. 100, elle tombe jusqu'à 78 et même 70 ; son maximum, atteint une fois en deux ans, a été 98. Elle descend jusqu'à 50 au commencement d'une campagne, quand le four n'est pas suffisamment chaud. Ces nombres sont loin de représenter la valeur du four comme appareil de grillage et de chloruration, les minerais traités (sulfo-arséniures et sulfo-antimoniures) étant toujours mélangés à une forte proportion de chlorures naturels. On se livre actuellement à l'usine d'Austin à une série d'expériences ayant pour but d'étudier la valeur réelle du Stetefeldt ; les expériences sont dirigées par M. A. Trippel, ingénieur distingué, qui n'a dans la question d'autre intérêt que l'intérêt scientifique. En voici une :

Sur 18t,140 de minerai passées au four, on a fait de demi-heure en demi-heure des prises d'essai qui, réunies, avaient un poids de 0k,908; sur cette somme on a pris 141gr,690. On a soigneusement lavé les matières, sans s'occuper des chlorures, dans le but de conserver uniquement les sulfures d'argent. Le poids a été réduit à 33gr,930. L'essai de ce résidu par voie sèche a montré une valeur en argent de 1.302f,38 par tonne de minerai lavé, ce qui correspond à une valeur de 283f,25 par tonne de minerai brut avant lavage. Or ce minerai brut essayé directement avait une valeur de 986f,94 par tonne. La différence entre les valeurs de l'essai direct et de l'essai par calcul a donc été de 703f,69; elle représenterait la plus grande partie du chlorure d'argent enlevé par lavages, plus une perte inévitable en sulfures. La proportion de chlorure mélangée au minerai était plus grande que celle des sulfures, ce qui n'est pas le cas ordinaire. Des expériences contradictoires ont prouvé que ce fait particulier s'était effectivement présenté. — A mesure que le minerai sur lequel les prises d'essai avaient été faites passait par la série des opérations de l'usine, on faisait les autres prises d'essai habituelles pour connaître : 1° la proportion de matière chlorurée dans le minerai sortant du four; 2° la quantité d'argent contenue dans les résidus de l'amalgamation. On trouva que la proportion de matière chlorurée était de 92,45 p. 100, ce qui est au-dessus de la moyenne, et que dans les résidus de l'amalgamation, il restait 14,3 p. 100 de l'argent constaté à l'essai dans le minerai brut, ce qui est aussi au-dessus de la moyenne. On constatait donc que le four avait en apparence produit des résultats meilleurs que les résultats ordinaires, et en même temps que l'amalgamation s'était moins bien faite. — De ces deux faits contradictoires, le second était seul vrai. Si en effet on admet que la différence entre les valeurs de l'essai direct sur le minerai brut et de l'essai après lavage représente la

valeur des chlorures d'argent entraînés par l'eau (fait confirmé par des expériences ultérieures), il y avait dans le minerai 105,1 onces d'argent à l'état de chlorure et 42,3 à l'état de sulfure, soit un total de 147,4 onces — 71,50 p. 100 de l'argent étaient donc chlorurés avant l'opération, et le four n'a agi que sur 92,45 — 71,50 = 20,95 p. 100 de *tout le minerai*. Si la chloruration dans le four avait été parfaite, 100 — 71,50 = 28,50 p. 100 de *tout le minerai* auraient dû passer à l'état de chlorures. Il y a donc eu 28,50 — 20,95 = 7,55 p. 100 de *tout le minerai* échappant à la chloruration, soit 26,5 p. 100 des *sulfures* contenus dans le minerai. Sur 100 de sulfures passées au four, 73,50 seulement avaient été effectivement grillés et chlorurés.

Il y a loin de là aux résultats brillants que le four Stetefeldt a, dit-on, donnés dans d'autres parties des États-Unis. Les seuls endroits où je l'ai vu en marche étaient Austin et Georgetown. Dans la première localité, on cherche à le modifier, sinon à le remplacer ; dans le second, on a été obligé de lui adjoindre des fours à réverbère pour achever les opérations. Il paraît difficile que le grillage et la chloruration puissent s'accomplir dans un intervalle aussi court que la durée de la chute ; il faudrait pour cela que les réactions entre les sulfures et le chlorure de sodium fussent instantanées. Or cela n'a pas lieu ; on a constaté nombre de fois à Austin que près du tiers des matières chlorurées dans le four l'était pendant leur repos sur le fond de l'appareil. Par suite on est porté à élever la température pour pénétrer la masse ainsi entassée ; on détruit les sulfates et les chlorures, et l'amalgamation se fait mal. Pendant l'année 1872, le four étant mal dirigé, on n'a obtenu que 84,5 p. 100 de la valeur en argent constatée dans le minerai à l'essai. Pendant les six premiers mois de 1873, le nouveau chef de l'atelier, M. Geo. J. Lowe, a réussi à obtenir 91,92 p. 100 de cette valeur.

Les frais de grillage au four Stetefeldt s'élèvent à Austin

à 50 ou 60 francs par tonne de minerai, non compris les frais généraux et la portion des frais du moteur appliquée au grillage (alimentateur mécanique, etc). En juin 1873, mois de marche normale, on a passé au four 532^t,088, et les dépenses se sont ainsi réparties :

	francs.		francs.
Main-d'œuvre. 218 j. 3/4.	5.658,562	soit p. tonne	10,609
Main-d'œuvre pour coupe de bois de chauffage.	648,900	—	1,215
Charbon de bois. 38.782 kilog. à 20 francs les 100 kilog.	7.763,625	—	14,574
Bois (approximativem.). 206^{m3},220 à 15^f,606 le mètre cube.	3.218,750	—	7,004
Sel. 37^t,138 à 184^f,53 la tonne. . .	6.663,327	—	12.514
Total par tonne.			45,916

Somme à laquelle il faut ajouter comme frais annuels :

2.832^f,50 pour droits de brevet,
et environ 2.575^f,00 pour les réparations,
intérêt du capital d'établissement,
droit d'emploi exclusif, etc.

Les frais, non compris les frais généraux, s'élèvent donc à 50^f,161 par tonne. Il faut remarquer que la quantité de bois brûlé portée au tableau précédent est faible ; on a brûlé des bois de débris de l'usine dont la valeur n'entre pas dans le compte ci-dessus.

Près du Comstock, en faisant les mêmes réserves, on peut estimer que les frais de grillage seraient peu différents, quoique le bois coûte 5^f,60 le mètre cube au lieu de 15 fr.

AMALGAMATION. *Pans.* — Les matières grillées et chlorurées sont passées aux pans d'amalgamation. Les modèles de ces appareils sont très-nombreux, mais ils ne diffèrent entre eux que par des détails. Ils sont construits à la fois pour broyer et amalgamer. Outre les questions de bon marché, simplicité, etc., on a donc eu à résoudre celle d'une forme effective pour le broyage, admettant une usure uniforme,

une circulation libre des matières broyées, une distribution uniforme et complète du mercure au travers de la masse.

L'appareil se compose essentiellement d'une cuve (pan) (*fig.* 10, Pl. II) en bois ou en métal, ouverte à sa partie supérieure, fermée à sa partie inférieure de façon à ne laisser passer qu'un arbre vertical, *a*. Sur cet arbre est fixé un joug, *g*, portant des bras *b*. A ces bras sont rattachés des blocs, *c*, appelés *mullers*, que des semelles (*shoes*) en fer terminent à leur partie inférieure. Ces semelles broient le minerai sur un faux fond *f*, appelé *die* ou *muller inférieur*, également en fer, d'un diamètre moindre que celui de la cuve de quelques millimètres seulement. Des conduits sont ménagés, l'un *i* pour l'entrée de la vapeur, l'autre *j* pour la sortie des matières. Telle est la forme élémentaire de l'appareil.

Le pan Varney est un des plus répandus. Il est représenté *fig.* 6 et 7, Pl. II. A est la cuve extérieure; B un couvercle en bois dans lequel est ménagée une ouverture pour l'introduction des matières à amalgamer. Du centre du pan, et partant de son fond, s'élève le tube vertical D, creusé de façon à laisser tourner librement l'arbre C. Sur le fond du pan est fixé, au moyen de boulons *e*, le muller inférieur *a*; le vide intérieur entre *a* et D est comblé par des cales de bois; le vide extérieur est ménagé pour le rassemblement du mercure. La pièce *a* est maintenue en place par les pièces *j*; elle est ordinairement divisée en douze parties égales par des plans dirigés suivant les rayons et inclinés de 45°. Le muller supérieur a la même forme et les mêmes dimensions que *a*; les semelles y sont attachées par des boulons ou des rivets. — Le tube E entoure D, mais sans entrer en contact avec lui; à son extrémité inférieure, il porte un rebord V sur lequel s'appuie un anneau *h* coulé avec les segments du muller supérieur *b*. Ces deux dernières pièces sont réunies par des bras *r*. Le tube *t* est réuni à l'arbre par une clef *k* et des vis *l*; il peut être élevé

ou abaissé au moyen d'une manivelle qui manœuvre la barre *z* sur laquelle repose l'enveloppe de l'arbre. En même temps qu'on élève ou abaisse l'arbre, on élève ou abaisse le muller supérieur; de cette façon on règle à volonté la distance qui sépare les deux mullers. Enfin autour du tube E est un anneau *q* portant trois grands bras, *r*, recourbés, qui ont pour fonction d'assurer la circulation des matières.

Dans d'autres pans on élève ou abaisse le muller supérieur d'une autre façon. L'arbre C est terminé à sa partie supérieure par une tête filetée sur laquelle se meuvent deux roues à main ; l'une de ces roues sert à amener l'arbre à la position voulue, la seconde à l'y caler. Les pièces inférieures pour le mouvement de rotation de l'arbre sont alors légèrement transformées.

Les parois en bois de la cuve sont généralement doublées d'une feuille de cuivre ou munies d'une seconde paroi de fer, indépendante du reste de l'appareil et facile à remplacer. Quelquefois cependant on les laisse nues.

Dans le pan Varney et quelques autres, la vapeur d'eau destinée au chauffage des matières arrive directement dans la cuve. On préfère maintenant la faire arriver dans un faux fond; de cette façon on évite une dilution trop grande de la matière traitée, vulgairement appelée pulpe par les ouvriers; cette pulpe trop diluée ne pourrait plus tenir le mercure en suspension. Quelquefois on emploie les deux procédés : on fait arriver la vapeur d'abord dans la pulpe directement pour l'échauffer plus vite, puis dans le faux fond. Le couvercle en bois qui couvre le pan permet de corriger jusqu'à un certain point les variations d'état physique qu'entraîne pour la pulpe la condensation de la vapeur. Lorsque, avec de la vapeur agissant directement, la pulpe se dilue trop, on arrête la vapeur, on soulève le couvercle, et les matières par évaporation s'épaississent; en même temps on empêche la température de tomber en faisant arriver de la vapeur dans le faux fond. — Un autre

avantage de l'emploi d'un faux fond est qu'on peut employer au chauffage du pan la vapeur venant de la machine, tandis qu'avec un débouché direct dans la pulpe, il faut prendre la vapeur aux chaudières pour éviter les saletés que pourrait entraîner celle qui vient de la machine.

Un autre genre de pans a été construit, moins employés aujourd'hui que ceux du type précédent et qui en diffèrent par la forme du fond. Cette forme est celle d'un cône renversé dont le sommet serait sur l'arbre moteur. Toutes les autres pièces sont disposées et fixées comme dans le pan Varney. La pulpe descend par gravité vers le centre et passe entre les mullers d'où elle est rejetée, après broyage, vers la circonférence; elle revient ensuite vers le centre par gravité. Une circulation active est donc établie sans l'aide de bras auxiliaires. On n'a point non plus à craindre un départ difficile, comme cela arrive quelquefois avec les pans à fond plat lorsque la pulpe est trop épaisse.

Tous ces appareils sont commodes à manier, faciles à démonter, ce qui est avantageux quand il faut les transporter au loin; leur prix n'est pas élevé; ils traitent des charges considérables, enfin le travail est rapide. Au point de vue de l'économie de temps, le grand but visé en Amérique, ils remplacent avantageusement les tonneaux de Freyberg et le patio mexicain. Il est douteux qu'à tout autre point de vue ils vaillent ces deux appareils.

Un pan peut durer au maximum cinq ans, avec réparation tous les six mois. — Des semelles de muller en bon fer doivent être remplacées toutes les trois semaines; les mullers eux-mêmes peuvent durer de deux à quatre ans.

Les pans les plus répandus peuvent recevoir de 350 à 1.300 kilogrammes.

On en a construit de beaucoup plus grands, pouvant traiter des charges trois ou quatre fois plus considérables dans un intervalle de temps peu supérieur à celui que demandent les pans plus petits, mais on les réserve pour

traiter les résidus d'amalgamation des minerais à basse teneur, qui doivent être travaillés sur une large échelle pour l'être avec profit.

Opération. — On soulève le muller et on charge à la pelle les matières grillées et chlorurées. En même temps on fait arriver de l'eau froide de façon à former une bouillie consistante sans être trop épaisse. C'est par la pratique que les ouvriers arrivent à connaître l'état pâteux le plus favorable au travail. Le chargement terminé, on fait arriver de la vapeur soit dans le faux fond, soit dans la cuve même; on met l'arbre en mouvement; on abaisse le muller et on ferme le couvercle. Le nombre des révolutions de l'arbre varie de 60 à 70 par minute. On laisse courir une demi-heure ou une heure, temps nécessaire pour que la charge soit suffisamment chaude, et on ajoute pendant cet intervalle du fer ou du zinc en petits morceaux, environ de 1^{k},362 à 1^{k},816. La température étant voisine du point d'ébullition de l'eau, on soulève un peu le muller et l'on verse le mercure en quantité variable, suivant la teneur du minerai. On laisse ensuite les matières en digestion de quatre à six heures, tout le travail de l'ouvrier consistant à prévenir un trop grand épaississement ou une trop grande dilution de la pulpe.

Au bout de ce temps on fait écouler le contenu du pan dans un appareil de dépôt appelé *settler*. C'est une cuve en bois (*fig.* 5, Pl. II) percée d'orifices à différents niveaux et au centre de laquelle s'élève un arbre vertical, mobile, muni de bras. Cet arbre est mis en mouvement avec une vitesse de 15 à 20 révolutions par minute. La pulpe sortant du pan y est graduellement diluée et refroidie avec de l'eau, de façon à favoriser le dépôt de l'amalgame au fond de l'appareil. Les matières y restent un temps variable; généralement un settler sert à deux pans : ou bien on décharge les deux pans simultanément dans le settler, et le séjour des matières dans cet appareil dure le temps nécessaire à l'amalgamation d'une nouvelle charge dans les pans;

ou bien on les décharge alternativement, et alors l'opération dans le séttler dure la moitié du temps nécessaire à l'amalgamation. L'amalgame est d'abord extrait par l'orifice inférieur *a*, puis on ouvre successivement les orifices en commençant par le plus haut, et on laisse les résidus s'écouler. On doit nettoyer cet appareil une fois par semaine pour en retirer des minerais non réduits, de l'amalgame, du fer, etc., qui s'y accumulent.

A Austin, la charge du pan est de 726ᵏ,4, et l'on ajoute de 181 à 227 kilogrammes de mercure. L'opération entière, y compris le chargement, dure huit heures. Les pans sont en bois doublé en cuivre. L'arbre du pan fait 63 révolutions par minute; celui du settler 14. On *perd* de 0ᵏ,908 à 1ᵏ,135 de mercure par tonne de minerai grillé, ce qui est considérable.

On évaluait de la façon suivante, à Austin, les frais de traitement dans les pans en juin 1873. On a traité 532ᵗ,088.

	francs.	p. tonne. francs.
Main-d'œuvre. 98 j. 3/4.	2.034,25	3,823
Mercure. 616ᵏ,986 à 12ᶠ,463 le kilog.	7.715,73	14,503
Fer.	563,925	1,060
Force motrice, huile, etc.	1.228,275	2,309
Fonte.	2.964,855	5,573
		27,268

On remarquera l'importance du prix élevé et de l'énorme consommation de mercure; par usure du pan, on perd environ 4ᵏ,5 de fer par tonne de minerai.

A Georgetown, on charge 544ᵏ,8 de minerai, et l'on ajoute 68 kilogrammes de mercure, ce qui fait un peu plus de 26 grammes par gramme d'argent contenu dans le minerai grillé. L'opération dure six heures : une demi-heure pour le chargement et le nettoyage des pans, une demi-heure de digestion avant l'addition du mercure, et quatre heures et demie après l'addition.

Traitement de l'amalgame. — L'amalgame recueilli à la

sortie du settler est liquide, mais il en reste toujours une partie considérable attachée au muller du pan, en proportion d'autant plus élevée que le minerai traité est plus riche. En outre, si le pan est à fond plat, on en trouve de 15 à 25 kilogrammes sous le die. On traite ces deux produits de la même manière : on les lave avec soin à l'eau chaude, et quand on en a réuni un poids suffisant, on les filtre à travers une toile à mailles serrées, et façonnée en sacs pouvant contenir de 250 à 300 kilogrammes d'amalgame. On laisse le produit filtrer sous son propre poids, ce qui demande environ douze heures pour 250 kilogrammes. Un homme, en pressant la matière, pourrait filtrer le même poids en une heure.

L'amalgame, lavé et filtré, est distillé, puis raffiné.

La distillation se fait dans des cornues cylindriques ou retortes (*retorts*) de $0^m,25$ de diamètre et $0^m,912$ de longueur, en fonte, à parois de $0^m,037$ d'épaisseur. Chaque cornue est placée dans une petite construction en briques, munie d'un foyer; son orifice, après l'introduction de la charge, est fermé par un couvercle boulonné, puis luté; l'autre extrémité est en communication avec des condenseurs, refroidis par des courants d'eau. On charge de 300 à 400 kilogrammes d'amalgame, soit à même dans la cornue, soit dans de petits vases demi-cylindriques qu'on y introduit ensuite. En tous cas on commence par disposer sur le fond de la cornue une mince couche de cendres pour prévenir l'adhérence de l'amalgame ou de ces petits vases avec la cornue. Pendant l'opération on pousse graduellement le feu jusqu'à ce que la cornue commence à rougir. La distillation dure de quatre à cinq heures suivant la façon dont le feu est conduit; généralement on chauffe beaucoup trop, et il est facile de constater dans presque toutes les usines une fusion superficielle du produit obtenu.

Le poids d'argent obtenu est environ 1/6 du poids de l'amalgame traité, lorsque les minerais sont purs. Lors-

qu'ils sont plombeux, ce poids va jusqu'à 1/4; quand ils sont cuivreux, comme à Austin, il est de 15 à 16 p. 100 du poids de l'amalgame.

Un ouvrier suffit pour quatre cornues.

L'argent obtenu par distillation est raffiné dans des creusets en fer, le plus souvent avec du borax, quelquefois avec du salpêtre. S'il n'est pas trop impur, on se contente de le fondre et de le couler en lingots. La perte de poids pendant le raffinage varie de 5 à 10 p. 100 du poids de la matière traitée.

L'argent, produit de toutes ces opérations, est désigné en Amérique sous le nom de *bullion*. Le degré de fin qu'il atteint est très-variable. Ordinairement à Austin et à Georgetown, le fin est de $\frac{800}{1000}$ à $\frac{850}{1000}$. Quelquefois cependant il baisse jusqu'à $\frac{750}{1000}$.

Traitement des résidus. — Les résidus qui sortent des settlers sont désignés sous le nom de *tailings*. Ils tiennent du mercure et de l'amalgame en suspension; à Austin, leur teneur en argent varie de 683 à 887 grammes à la tonne. A Georgetown, ils rendent à l'essai, après concentration, de 900 à 1.000 grammes à la tonne.—Dans un certain nombre d'usines on les abandonne; dans quelques autres on cherche à en tirer parti. Pour cela, on les concentre mécaniquement, puis on les fait repasser par la même série d'opérations que le minerai. Les deux appareils de concentration mécanique le plus employés sont l'*agitator* et le *concentrateur Hendy*. Le premier n'est autre chose qu'un settler dont l'arbre et les bras sont animés d'un mouvement très-lent. Une série d'orifices à différentes hauteurs permet de faire écouler les matières les plus légères; les parties lourdes, mercure et amalgame, se déposent au fond, où on les recueille. Les résultats obtenus avec les agitators ne sont pas remarquables, excepté quand le minerai renferme une forte proportion de

sulfures lourds ou produit au brocard beaucoup de poussières minérales très-ténues, qui, dans le pan, s'attachent aux globules de mercure. Le concentrateur Hendy, *fig.* 9, Pl. II, est une vraie table à secousses. A est la table circulaire, peu profonde, dont le fond affecte une forme parabolique. Les secousses lui sont données au moyen de dents qu'elle porte sur son bord supérieur. La conduite B, par laquelle arrivent l'eau et les matières à concentrer, reçoit aussi un mouvement circulaire très-lent; la distribution est ainsi uniforme sur toute la circonférence de l'appareil. Des bras remuent la masse. La table peut recevoir de 200 à 220 secousses par minute. Les substances légères et stériles s'échappent par le centre en C; les portions lourdes sont recueillies en E. Un appareil peut concentrer en vingt-quatre heures environ 4 tonnes.

Quand on repasse les tailings au grillage, on les mélange avec des minerais dans la proportion de 1 tonne environ pour 10 ou 15 tonnes de minerai.

Résultats et frais totaux. — Aucune usine n'obtient un excédant d'argent sur la valeur constatée à l'essai par voie sèche; c'est dire que les résultats ne sont pas complétement satisfaisants.—Pendant l'année 1872, l'usine d'Austin a marché dix mois et traité 4.570^t,370, qui ont produit 4.363.287^f,88; d'après l'essai par voie sèche, la valeur des minerais traités était de 5.159.731^f,44; on a donc obtenu 84,56 p. 100 de cette valeur. Pendant les six premiers mois de 1873, on a traité 2.388^t,584, desquelles on a tiré 3.015.322^f,785, la valeur des minerais d'après l'essai étant 3.265.388,438.—On a donc obtenu 91,92 p. 100 de cette valeur; c'est un des meilleurs résultats que j'aie rencontrés dans une usine américaine. La différence entre la valeur d'après l'essai et la valeur obtenue se trouve dans les résidus. — Les frais se sont élevés de 150 à 160 francs par tonne de minerai; la moyenne des six premiers mois de 1873 est de 183^f,25; mais en février et mars des causes

accidentelles ont entravé la production. Les frais pendant le mois de juin 1873 peuvent être pris comme exemple d'une marche normale :

	francs.
Main-d'œuvre	46,390
Combustible	48,690
Fournitures diverses	10,842
Mercure	14,503
Sel	12,514
Fonte	11,298
Transports	5,575
Frais généraux	5,680
Total par tonne	155,492

Le combustible et la main-d'œuvre sont les deux éléments qui influent le plus sur les frais. On donne par poste de douze heures :

	francs.
A l'homme qui décharge le four Stetefeldt	25,75
A l'homme qui décharge le flue	23,175
Aux autres ouvriers travaillant au même four	20,60
Aux ouvriers des pans	20,60
Aux ouvriers de la distillation et raffinage	25,175
Au chef mécanicien	41,20
Au forgeron chef	28,325

Le bois coûte 15f,60 le mètre cube rendu à l'usine; il est coupé dans les montagnes Toyabe, à 25 ou 30 kilomètres d'Austin. Le charbon de bois vient du même endroit; on le paye 20f,08 les 100 kilog. On se procure le sel dans le sud du Nevada, où il est abondant; rendu à l'usine, il revient à 184f,50 la tonne; il contient 80 p. 100 de chlorure de sodium.

A Georgetown, les frais varient de 165 francs à 190 francs par tonne de minerai traitée. Les conditions sont moins favorables qu'à Austin pour l'acquisition du sel et du mercure, cette dernière matière surtout étant grevée lourdement par les frais de transport. En 1871, l'usine a obtenu, dit-on,

un rendement de 89 p. 100 de la valeur constatée à l'essai; actuellement elle n'obtient pas plus de 80 à 84 p. 100. Du 1er janvier au 1er novembre 1873, elle a produit une quantité d'argent valant 1.091.439f,50.

A Virginia City, l'usine Dall traite au four à réverbère les minerais de première classe du Comstock, les mines ne produisant pas une quantité de ces minerais suffisante pour l'alimentation d'un Stetefeldt. En 1869, d'après M. J. D. Hague, le bois valant 7f,09 le mètre cube, le mercure 7f,30 le kilogramme, et la main-d'œuvre 15f,45 par poste de huit heures, l'usine achetait le minerai à 80 p. 100 de sa valeur d'après l'essai par voie sèche, et déduisait de 206 à 231 fr. par tonne pour frais de traitement.

D'après ces données on peut calculer la teneur minimum en argent que doit avoir un minerai pour être exploitable avec profit. A Austin, en estimant les frais de traitement à 30 dollars en moyenne par tonne, les frais d'exploitation à 58 dollars et la perte à 9 p. 100 de métaux précieux constatés à l'essai, il est difficile de rendre productive l'exploitation d'un minerai tenant 250 grammes d'argent aux 100 kilog. En réalité, c'est sur les minerais achetés que les usines gagnent. — L'échelle des prix d'achat à Austin est assez simple. Quelle que soit la teneur du minerai, on déduit de sa valeur 180f,25 pour frais de traitement. Si un minerai vaut de 300 à 400 dollars la tonne, on le paye 80 p. 100 de sa valeur; s'il vaut plus de 400 dollars (2.060 francs) la tonne, on paye 82 p. 100 de sa valeur. — Une tonne de minerai valant 1.545 francs d'après l'essai par voie sèche, sera payée 1.085f,75; une tonne valant 2.060 francs sera payée 1.508f,95. La marge des profits est donc assez large.

A Georgetown, les achats se font d'après une échelle plus compliquée, à cause de la nature plombeuse des minerais. L'usine Stewart achète des minerais qui tiennent jusqu'à 20 p. 100 et plus de plomb métallique; c'est beaucoup pour un traitement par amalgamation.

La *fig*. 3, Pl. I, représente la disposition d'une usine employant le procédé de Reese River. Généralement la capacité des usines est estimée d'après le nombre des bocards qu'elles contiennent. Vingt bocards alimentent un four Stetefeldt et permettent de traiter 7.000 tonnes de minerai annuellement; il est rare cependant que ce nombre soit atteint, l'irrégularité des travaux de mines obligeant fréquemment les usines à suspendre leur marche. — L'usine d'Austin se compose de :

1 concasseur Blake.
20 bocards.
1 four Stetefeldt.
8 pans d'amalgamation.
4 settlers.
4 cornues de distillation.
1 four de raffinage.

Elle emploie 30 hommes et 1 contre-maître.

§ 2. — Procédé Washoe.

Ce procédé a pris naissance près des mines du Comstock et a été appliqué pour la première fois aux minerais de ce filon; on commencera donc par le décrire tel qu'il est employé à Virginia City.

Bocardage. — Les bocards étant installés comme ceux du procédé de Reese River, on se bornera à signaler les différences d'appareils qui proviennent de ce que, dans le cas qui nous occupe, on bocarde avec admission d'eau, tandis que dans l'autre cas on bocarde à sec. — Les mortiers sont généralement très-hauts (*fig*. 6, Pl. I); ils ont de $1^m,20$ à $1^m,50$ de hauteur, une largeur de $0^m,30$ et une longueur de $1^m,30$ à $1^m,60$: ils ne présentent qu'une seule porte de décharge située de front.

Les grilles, placées à la porte de décharge, sont en feuilles de fer de très-bonne qualité, à surface unie et bril-

lante. On cherche à éviter la rouille et les rugosités sur ces grilles; le fer ne doit être ni trop mou ni trop dur; l'épreuve la plus sévère qu'on lui fasse subir est un martelage prolongé jusqu'à ce que la pièce éprouvée prenne une forme concave. Cependant quand le minerai est très-argileux ou donne beaucoup de *slimes*, on recommande l'emploi d'une feuille assez grossière, du n° 4 par exemple. Les trous sont pratiqués à l'emporte-pièce; leur diamètre varie du n° 0 au n° 10 des aiguilles américaines, c'est-à-dire de 0^{mm},6 à 1 millimètre.

Le poids total d'une flèche pour traitement avec admission d'eau est à peu près le même que dans le cas du traitement à sec. Un poids de 300 kilogrammes est assez répandu; il est ainsi réparti :

	kilog.		kilog.
Tige	129,844	ou	115,770
Tête	104,420	ou	90,800
Mentonnet	51,756	ou	31,780
Semelle	54,480	ou	43,130
	340,500	ou	281,480

En broyant les minerais de Comstock, à gangue quartzeuse, les semelles durent de quatre à cinq semaines; une durée de quatre-vingt-dix jours, pour les semelles de 0^{m},25 d'épaisseur et d'une qualité de fer supérieure, est rarement atteinte. Dans le district de White Pine, où la gangue est calcaire, on cite un dé et une semelle qui ont résisté cinq mois; une grille ne dure pas plus d'un mois.

La question de l'approvisionnement en eau est une des plus importantes qu'ait à résoudre un industriel dans le Nevada. A Virginia City on consomme, d'après M. J. D. Hague, de 250 à 300 pieds cubes d'eau par tonne de minerai traité; ce nombre comprend l'eau d'alimentation des pans, qui ne passe jamais par les batteries de bocards, et équivaut à $\frac{1}{12}$ ou $\frac{1}{8}$ de pied cube par pan et par minute, laissant $\frac{3}{4}$ et jusqu'au delà de 1 pied cube pour la batterie

par bocard et par minute. Dans le Colorado, la moyenne par bocard et par minute est de $\frac{1}{4}$ de pied cube. Cette question de la quantité d'eau à fournir aux bocards est délicate ; on cherche à n'employer que la quantité voulue pour conserver aux grilles leur propreté. La proportion d'argile dans le minerai intervient donc ici d'une façon prépondérante ; plus il y a d'argile, plus il faut d'eau et en même temps plus il faut de soins dans l'alimentation. Ordinairement les usines possèdent des sources dont elles accumulent le produit dans des réservoirs. Près du Comstock, il s'est formé des compagnies dans le but de fournir l'eau aux usines ; elles se procurent ce liquide en ouvrant des galeries dans les montagnes du voisinage et en achetant aux compagnies de mines leurs eaux souterraines. La mine de Crown Point vend ses eaux 2.776 francs par mois. Le mode de jauge sur lequel est basé le système d'achat des eaux aux compagnies spéciales est le suivant : on vend l'eau par l'*inch du mineur*, c'est-à-dire la quantité d'eau qui passerait par un orifice d'un inch carré sous une pression de 6 inches (1 inch $= 0^{m},025$). En Californie, où ce mode de jaugeage a pris naissance, l'orifice de débit a 2 inches de hauteur et l'eau, dans la boîte de jaugeage qui est située près de la conduite de débit, est maintenue à une hauteur de 6 inches au-dessus de la ligne médiane de l'ouverture. Mais ce mode d'estimation est local, et ce terme, *inch du mineur*, ne peut pas être considéré comme représentant une valeur bien déterminée. D'après MM. Hague et Philipps, la quantité d'eau fournie par l'inch du mineur californien est 1.578 pieds cubes par minute ou 94.680 pieds cubes par heure, tandis que, d'après MM. Brown et Raymond, elle serait de 143.333 pieds cubes par heure.

Dans les calculs pratiques, on estime de la façon suivante la quantité d'eau à fournir à une usine. On suppose ici que l'usine a soixante bocards.

	kilog.
Machine de 225 chevaux-vapeur, nécessitant par minute	76,726
60 bocards	272,400
22 pans	159,808
11 settlers	44.946
	553,880

Sur cette quantité, on estime qu'on peut repomper dans un réservoir 477^k,154 en faisant une perte de 20 p. 100. Les 70^k,726 qui alimentent la machine motrice peuvent être condensés avec une perte de 50 p. 100. La quantité d'eau qu'il faudra réellement fournir par minute se réduira donc à

	kilog.
20 p. 100 de 477^k,155	95,4308
50 p. 100 de 76^k,726	38.3630
	133,7938

On compte qu'une tête de bocard peut broyer 1 tonne de minerai en vingt-quatre heures.

Amalgamation. — L'eau qui sort des bocards entraîne avec elle les matières broyées ; on la fait séjourner dans de grands bassins, placés au pied des bocards, où les matières se déposent et d'où on les extrait à la pelle pour les passer aux pans d'amalgamation. Le nombre de ces bassins est illimité. — Les pans employés dans le procédé Washoe sont identiques à ceux qu'on a décrits précédemment.

L'opération commence par un nouveau broyage. On lève le muller supérieur de façon qu'il puisse tourner librement ; on fait arriver de l'eau froide et l'on charge, puis on abaisse le muller ; on ferme le couvercle du pan et l'on introduit la vapeur. Généralement on charge avec le minerai les réactifs chimiques. Quelquefois on ne les charge qu'après le broyage et en même temps que le mercure. Cette première partie de l'opération dure une heure ou deux, pendant lesquelles le muller est abaissé graduellement de façon qu'à la fin de l'opération la matière doit être réduite

à l'état de poussière extrêmement fine. La température à ce moment est d'environ 80° ou 90° C.

Les réactifs actuellement employés sont au nombre de quatre : sulfate de fer, sulfate de cuivre, sel et acide sulfurique. Il serait oiseux d'énumérer les ingrédients qui ont été successivement de mode et auxquels on attribuait les résultats obtenus ; il suffit de citer le jus de tabac et les infusions de *sage-brush;* chacun avait une panacée spéciale. Aujourd'hui même on emploie indifféremment et en toutes proportions imaginables tantôt un, tantôt deux ou trois ou quatre des réactifs auxquels on s'est restreint. Le sel est le seul qui soit constamment employé; la proportion ajoutée varie avec la teneur en argent du minerai. Dans un certain nombre d'usines, on ajoute, pour une charge de 544k,8 à 817k,2 de minerai, de 0k,113 à 0k,227, soit 0,02 p. 100 de sulfate de cuivre et de 1k,362 à 1k,816, soit 0,22 p. 100 de sel.

Le broyage terminé, on soulève un peu le muller et l'on verse le mercure dans le pan; parfois on le verse au début de l'opération avec le minerai et les réactifs chimiques; mais c'est l'exception. Pour une charge de 544 à 681 kilogrammes de minerai, on ajoute de 22k,70 à 31k,78 de mercure, soit de 4,16 à 4,50 p. 100 de minerai. — L'amalgamation proprement dite commence alors. Elle dure de deux à quatre heures, suivant le poids de la charge, l'ouvrier n'ayant qu'à surveiller le degré d'épaississement des matières. On fait écouler le contenu des pans dans les settlers et l'on achève le traitement de l'amalgame comme dans le procédé de Reese River.

Les résultats du procédé Washoe tel qu'il est employé à Virginia City sont loin d'être brillants. On obtient de 65 à 70 p. 100 des métaux précieux reconnus à l'essai par voie sèche. La perte en or est toujours moindre que la perte en argent, ce qui tient probablement à ce que l'or existe dans le minerai à l'état natif; ainsi l'on peut compter qu'on

extrait 81 p. 100 de la valeur en or et 60 ou 64,6 p. 100 de la valeur en argent. On a du reste reconnu, d'une façon générale, que la perte totale d'or par les slimes ne dépassait pas 1 p. 100 de la teneur du minerai. — La perte en mercure est également considérable ; elle varie de $0^k,908$ à $0^k,816$ par tonne de minerai traitée ; d'après des expériences de M. Hague, ce serait principalement une perte mécanique.

Quant aux réactions chimiques de l'opération, on admettra sans peine que le mode d'emploi des réactifs n'en rend pas l'intelligence très-facile.

Frais de traitement. — En 1867, M. Browne estimait de la façon suivante les frais par tonne de 907 kilogrammes :

	MAIN-D'OEUVRE.	BOIS.	FONTE.	SULFATE de cuivre.	SEL.	MERCURE.	DIVERS.	TOTAUX.
	francs.	francs.	francs.	francs.	francs.	francs	francs.	francs.
Contre-maîtres, gardiens, etc.	3,656	»	»	»	»	»	»	3,656
Force motrice.	3,038	20,445	»	»	»	»	0,618	24,101
Cassage.	2,111	»	»	»	»	»	0,154	2,265
Bocards.	3,399	»	1,081	»	»	»	0.515	4,995
Amalgamation.	3,965	0,257	3,038	2,214	1,390	4,429	0,566	15,859
Réparations. . .	4.326	»	»	»	»	»	0,553	7,879
Transports. . .	»	»	»	»	»	»	4,635	4,635
	20,495	20,702	4,119	2,214	1,490	4,429	10,041	63,390

soit $68^f,889$ par tonne de 1.000 kilogrammes.

Ces frais pouvaient être augmentés ou diminués de 5 à 6 francs par tonne, suivant que l'usine employait la vapeur ou l'eau comme moteur. Depuis 1867 ils sont sensiblement moindres par suite de la baisse de prix du bois de chauffage qui valait alors $19^f,827$ le mètre cube, et qui ne vaut plus aujourd'hui que $14^f,162$; c'est à la construction du chemin de fer Truckee qui relie Virginia City à la grande ligne du Pacifique qu'il faut attribuer ce résultat.

Quelques-unes des usines appartiennent à des compagnies minières ; mais la plupart sont ce qu'on appelle des *custom mills*. Elles n'achètent pas les minerais qu'elles trai-

tent; elles prennent aux compagnies minières une somme déterminée pour frais de traitement par tonne de minerai d'une teneur donnée, leur garantissent un tant pour 100 de la valeur de ces métaux précieux constatée à l'essai par voie sèche, généralement 65 p. 100, et leur remettent l'argent et l'or en barres extraits des minerais. Lorsque le tant pour 100 garanti n'est pas obtenu, l'usine doit payer à la mine une indemnité; mais cette dernière clause des contrats est purement théorique. Dans les discussions auxquelles la construction du tunnel Sutro a donné lieu devant le congrès fédéral, on lit qu'un directeur de mines envoyait à une usine un minerai ayant une valeur de 17 dollars d'après l'essai par voie sèche, ne pouvant en rendre plus de 10 au traitement, et que la compagnie minière en payait 12 pour frais de traitement. Cette étrangeté s'explique par le fait que la banque de Californie, comme on l'a déjà dit, a un contrôle presque absolu sur les mines sans en posséder les actions, tandis qu'elle possède en propre les usines. En 1873, les prix payés par les compagnies minières pour frais de traitement variaient de 45f,42 à 68f,13 par tonne; mais les frais des usines ne s'élevaient pas à plus de 23f,175 par tonne.

Traitement des résidus. — Une des causes qui préviennent l'amélioration du procédé Washoe est que les résidus du traitement appartiennent aux usines; celles-ci ont donc intérêt à leur conserver une teneur aussi élevée que possible. On distingue deux sortes de résidus : les *slimes* et les *tailings.* Les tailings sont les matières qui proviennent du traitement dans les pans. Les slimes sont les matières que l'eau entraîne hors des bassins de dépôt placés au pied des bocards. La différence entre ces deux genres de résidus est donc principalement une différence de richesse en métaux précieux puisque les premiers sont des minerais qui ont subi un traitement incomplet, tandis que les autres sont des minerais intacts. Les tailings, en effet, ont une valeur de 25 à

70 francs par tonne, suivant la nature du minerai qui les a produits et l'efficacité du traitement auquel il a été soumis; tandis que la tonne de slimes vaut généralement plus de 150 francs et quelquefois jusqu'à 300 francs. En voici des exemples :

	OR.	ARGENT.	VALEUR TOTALE.
	francs.	francs.	francs.
Slimes. . .	41,335	127,415	168,750
	34,239	202,700	236,939

La quantité de slimes produites peut monter jusqu'au $\frac{1}{8}$ de la quantité de minerai traitée. Jusqu'en 1867 tout était perdu, slimes et tailings, et l'on exploitait précisément à cette époque les parties supérieures du gîte qui ont été les plus riches. Actuellement on soumet les résidus à un traitement que les métallurgistes américains considèrent comme distinct du procédé Washoe, mais qui en réalité ne fait qu'un avec lui.

Traitement des tailings. — Au sortir des pans, les tailings sont soumis à une préparation mécanique grossière dans des *agitators* et *concentrators*. L'eau qui sort des appareils de concentration passe sur de longues tables inclinées supportant des couvertures de laine; l'amalgame, le mercure, et les parties pesantes de minerai entraînés s'accrochent aux rugosités de ces couvertures, tandis que les sables fins et pauvres sont entraînés au loin. Ces tables peuvent être d'une longueur indéfinie; une table longue de 3 mètres à $4^m,50$ a une largeur de $0^m,50$ et une inclinaison de $0^m,15$ à $0^m,30$; elle coûte environ $16^f,92$ par mètre courant, y compris les couvertures. Deux fois par vingt-quatre heures on enlève les couvertures, on les lave et l'on recueille les matières qui s'y sont attachées; puis on les travaille dans les pans comme du minerai. En 1869, on obtenait comme rendement de 102 à 170 francs par tonne de tailings; aujourd'hui ces opérations sont moins profitables à cause de la teneur relativement basse des minerais traités.

Toutes les matières qui échappent aux tables sont déposées dans de vastes réservoirs, où elles sèchent au soleil. On les traite ensuite dans des pans qui diffèrent des pans décrits par la grandeur de leurs dimensions : ils peuvent tenir de 6 à 8 tonnes par opération. L'opération elle-même diffère de celle qu'on a détaillée par sa rapidité, le broyage initial devenant inutile ; une charge de 1.816 à 2.270 kilogrammes est travaillée en quatre ou cinq heures. On y mélange au commencement de l'opération de 1^k,501 à 3^k,002 de sulfate de cuivre et de 10 à 15 kilogrammes de sel par tonne. On estime le rendement à 60 p. 100 de la teneur d'après l'essai par voie sèche ; mais en réalité, il est peu probable qu'il dépasse 50 ou 55 p. 100 de cette teneur. Le fin de l'argent obtenu n'est jamais élevé ; il varie entre $\frac{350}{1.000}$ et $\frac{450}{1.000}$.

M. Hague estime les frais de traitement par tonne de tailings de la façon suivante :

	francs.
Main-d'œuvre	7,949
Mercure (perte)	5,394
Sel	3,862
Sulfate de cuivre	3,690
Combustible	6,814
Fonte	0,681
Total	28,390

Le bois est évalué à 14^f,218 le mètre cube.

On remarquera que cette estimation ne porte que sur une partie du traitement, l'opération dans les pans.

Traitement des slimes. — Les eaux qui sortent des bocards et des bassins de dépôts placés à leur pied sont conduites dans d'autres réservoirs plus grands, où elles séjournent et laissent déposer les slimes. Ces matières, après dessiccation au soleil, sont traitées dans des pans.

On charge 1.135 kilogrammes de slimes avec 5 kilogrammes de sulfate de cuivre et de 9 à 12 kilogrammes de sel par tonne. Les slimes ainsi traités valent, d'après l'essai par voie sèche, 170f,34 la tonne. Après deux heures de digestion dans le pan, on ajoute 136k,2 de mercure. L'amalgamation dure trois ou quatre heures; l'amalgame obtenu est lavé et distillé. Les tailings de cette opération sont concentrés mécaniquement. De cette opération on a obtenu les produits suivants, qui représentent une valeur maximum du rendement :

OR. francs.	ARGENT. francs.		OR. francs.	ARGENT. francs.
22,76	114,69	soit p. 100 de la valeur constatée à l'essai par voie sèche.	55,08	90,01
26,11	175,37		76,28	87,06

Le fin du produit raffiné dépasse rarement $\frac{450 \text{ ou } 500}{1.000}$.

La perte en mercure est énorme ; elle s'élève à 10k,021 par tonne de slimes traitée.

Les frais de traitement sont estimés à 70 francs par tonne.

Des usines spéciales traitent ces slimes ; elles les achètent aux *custom mills* qui les produisent. Primitivement on achetait une tonne de slimes pour 15 ou 20 francs ; depuis, les beaux bénéfices que ce traitement a donnés à l'inventeur ont fait monter la valeur de cette matière.

Des expériences, faites en vue de traiter ces slimes par grillage et chloruration, n'ont pas encore donné de résultats économiques certains.

En résumé, le rendement d'un minerai traité par le procédé Washoe complet ne dépasse pas 80 ou 85 p. 100 de la valeur de minerai constatée à l'essai par voie sèche.

Procédé Washoe dans le district d'Ely. — Le procédé Washoe a été appliqué pendant ces dernières années et l'est encore dans certaines usines du district Ely, ou district de Pioche, situé dans le sud-est du Nevada. Les minerais sont un mélange de chlorure (de 40 à 60 p. 100)

et de sulfures d'argent ; la gangue est tantôt quartzeuse et tantôt calcaire. La valeur moyenne des minerais est de 500 à 550 francs en argent et de 20 à 30 francs en or.

La série des opérations est la même que sur le Comstock.

A l'usine Stanford, le lit d'amalgamation se compose de :

Minerai. 726k,4 à 817k,2.
Sel. 3k,632 à 4k,086, soit 0,5 p. 100 de minerai.
Cyanure de potassium. 0k,113 par tonne de minerai.
Ce produit contient 55 p. 100 de KCy pur.

L'opération dure huit heures ; on broie pendant quatre heures et demie, puis on ajoute de 90 à 120 kilogrammes de mercure, et l'on broie de nouveau pendant une heure et demie. On lève alors le muller et on laisse digérer deux heures ; une heure avant de faire couler les matières du pan dans le settler, on ajoute environ 27 kilogrammes de mercure bien vivant dans le but de rassembler celui qui est en poussière dans le pan. On fait écouler dans le settler ; six heures après en avoir extrait l'amalgame, on ouvre le trop-plein supérieur de cet appareil ; une heure après, on ouvre le deuxième et enfin le troisième une demi-heure après le second. On nettoie l'intérieur tous les deux jours. Les sables qu'on en retire ont une valeur égale à la moitié de celle du minerai et repassent par la série d'opérations. Les tailings valent de 35 à 40 francs par tonne. L'usine garantit aux mineurs 85 p. 100 de la valeur du minerai constatée à l'essai par voie sèche, et prend 77f,25 par tonne pour frais de traitement. Il est probable que dans ce rendement élevé (85 p. 100), on compte le rendement des sables traités à part ultérieurement.

A l'usine International, la charge est de 1.044k,2, et l'on y ajoute : 11k,35 de sel, soit 1 p. 100 de minerai, 58 grammes d'acide sulfurique et de 227 à 454 grammes de sulfate de cuivre. On broie pendant trois heures ; puis on ajoute de 68 à 90 kilogrammes de mercure. On broie de

nouveau pendant trois heures, on ajoute $0^k,908$ de carbonate de soude pour *nettoyer* le mercure, enfin on laisse digérer pendant deux heures. Le travail des pans dure huit heures ; celui des settlers quatre. On n'obtient que 65 p. 100 des métaux précieux constatés à l'essai. Les tailings ont une valeur de 90 à 95 francs par tonne ; on ne les retraite pas. C'est à cela qu'il faut attribuer le rendement peu élevé qu'on atteint dans cette usine, et aussi à la gangue souvent très-calcaire des minerais qu'elle traite.

Dans les deux établissements, les pertes en mercure sont lourdes ; elles varient de $0^k,618$ à 2 kilogrammes par tonne de minerai traitée. L'argent produit est impur ; son fin ne dépasse pas $\frac{800}{1000}$.

On peut évaluer à 240 ou 250 francs par tonne la valeur minimum que doit avoir dans ce district une tonne de minerai pour être exploitée avec profit.

	francs.
Frais d'extraction.	79,49
Exploration, etc.	56,67
Frais de réduction.	107,88
	244,04

La disposition générale des usines qui emploient le procédé Washoe est presque identique à celle des usines qui emploient le procédé de Reese River. La capacité ordinaire est de vingt bocards ; quelques-unes n'en ont que six ou huit ; la plus considérable qui existe est, je crois, celle d'Eureka, près du Comstock ; elle a soixante bocards, et a coûté 2.060.000 francs. Une usine de vingt bocards emploie douze pans et six settlers, avec un personnel de dix ou douze hommes.

CHAPITRE DEUXIÈME.

TRAITEMENT PAR FUSION.

Les minerais plombo-argentifères de l'Utah sont impropres à être traités par amalgamation ; on les soumet à une fonte plombeuse décrite dans un précédent travail. Dans le Colorado, presque tous les minerais sont trop plombeux pour être amalgamés ; la grande quantité de blende qu'ils renferment est un obstacle sérieux à l'emploi des procédés de traitement par fusion qu'on serait tenté de leur appliquer.

Néanmoins plusieurs usines fondent ces minerais : l'usine West et Bagley à Golden City, et l'usine Boston and Colorado à Black Hawk sont les principales.

Usine West. — Cette usine achète à Georgetown des minerais à 60 p. 100 de plomb et 680 onces d'argent à la tonne ; pour des galènes essayant de 20 à 30 p. 100 de plomb seulement, elle demande un minimum de 1.709 grammes d'argent. Elle paye pour les galènes à 60 p. 100 de plomb 5f,253 par once d'argent (de 31 grammes) en plus de 20 onces ; si les galènes tiennent moins de 60 p. 100 de plomb, on paye 5f,253 par once d'argent en plus de 25 onces. On paye 4f,583 par unité de plomb au-dessus de 30 p. 100. L'usine achète d'autre part les minerais cupro-aurifères du comté de Gilpin.

On ne peut donner ici que des indications générales sur la méthode de traitement suivie. Les minerais de plomb et de cuivre sont grillés, puis fondus au réverbère, de façon à former un silicate. Deux réverbères, traitant chacun 6 tonnes par vingt-quatre heures, sont employés à ce travail.

Le silicate est réduit dans un four à cuve, opération qui donne :

1° Du plomb métallique qui passe de suite à la coupelle;

2° Des mattes de cuivre, grillées puis traitées par voie humide ;

3° Des scories jetées.

La première partie de ce traitement présente une grande analogie avec le traitement suivi à Pontgibaud.

Les minerais blendeux sont grillés et chlorurés à part ; on prend toutes les précautions possibles pour former du sulfate de zinc et du chlorure d'argent, puis on dissout le sulfate de zinc par l'eau. Le résidu est fondu avec du plomb et des minerais plombeux très-quartzeux.

Au moment de ma visite, la marche de l'usine n'était pas encore régulière. On se préparait à installer un atelier de désargentation du plomb d'œuvre d'après le système Flach.

En juillet 1873, on produisait par semaine de 10 à 12 tonnes de plomb doux, 1t,05 à 2 tonnes de cuivre et environ pour 1.500 francs de métaux précieux.

Usine Boston and Colorado. — Le procédé suivi dans cette usine est copié sur celui de Swansea (Galles).

On fond pour matte cuivreuse des minerais aurifères du comté de Gilpin, des minerais argentifères de Georgetown et du comté de Boulder. Les deux premières espèces de minerais ont été décrites ; c'est un mélange de pyrites de fer et de cuivre, et de sulfures de plomb, de zinc, d'antimoine et d'arsenic avec des minerais d'argent proprement dits et une gangue réfractaire. Le minerai du comté de Boulder est du tellurure d'or et d'argent à gangue de quartz.

Ces matières sont soumises à deux opérations : un grillage et une fonte pour mattes.

Grillage. — Le grillage se fait en tas et aux réverbères. Le grillage en tas ne présente aucun trait nouveau : les

tas contiennent de 25 à 30 tonnes de minerai ; l'opération dure de six à huit semaines. Le concassage, le pesage et la mise en tas coûtent environ 11f,75 par tonne de minerai.

Le grillage au réverbère se fait dans de grands fours de 9m,12 de long sur 3m,04 de large, divisés dans le sens de leur longueur en trois parties étagées, qui occupent chacune un tiers de la longueur totale; la hauteur des étages est d'environ 0m,10; le pont a 0m,375 de haut. Six portes, toutes du même côté, donnent accès à l'air. La sole est formée d'un simple lit de briques placées de champ sur des fondations en pierre. On charge le minerai dans la partie du four la plus éloignée du pont vers lequel on l'avance graduellement en brassant d'une façon constante. Une charge de 1t,5 reste trois heures sur chaque sole. On charge trois fois par vingt-quatre heures. La température n'est jamais élevée; on consomme 3m3,630 de bois par vingt-quatre heures. Deux ouvriers travaillent au même four. L'usine comporte actuellement six fours de grillage.

Fonte pour mattes. — Cette opération se fait dans des fours à réverbère de forme ovale ayant 4m,25 de long sur 2m,886 de largeur maximum. La longueur de ce four est justifiée par l'emploi du bois à longue flamme comme combustible. Le pont a 0m,454 de hauteur, et la grille 1m,52 sur 1m,214. La sole est inclinée vers un trou de coulée placé comme dans les fours de Swansea ; elle se compose d'un lit de briques réfractaires placées à 0m,60 environ au-dessous de la surface qu'occupera la sole achevée. Au-dessus sont installées d'abord une couche de *flint* très-fin, qu'on chauffe plusieurs jours, puis qu'on pile, et une couche composée en majeure partie de scories et qu'on renouvelle constamment. L'usine comprend trois fours de fusion, employant cinq hommes et un contre-maître par poste.

La charge ordinaire est de 1t,5 à 1t,8 de minerais; elle est travaillée en huit heures, de la même façon qu'en

Angleterre ; on brûle de 36$^{m^3}$,300 à 43^{m},56 de bois par vingt-quatre heures ; le mètre cube vaut 7^{f},59.

Le lit de fusion se compose d'un mélange de minerais grillés en tas et au réverbère, auxquels on ajoute des minerais crus, tels que les tellurures d'or et d'argent qui sont très-quartzeux ; des scories des opérations précédentes, et un peu de chaux.

On produit : 1° des mattes ; 2° des scories.

1° Les mattes correspondent à la matte bleue anglaise ; elles tiennent de 25 à 30 p. 100 de cuivre. Autrefois elles en tenaient de 40 à 50 p. 100 ; mais la quantité de minerais de Georgetown qu'on ajoutait aux pyrites de Gilpin était alors très-restreinte. On produit de 1 tonne à 1^{t},5 de mattes avec 10 tonnes de minerais grillés ; on coule les mattes une ou deux fois par vingt-quatre heures.

Un fait curieux a été signalé à propos d'un de ces fours de fusion. En démolissant la sole, on trouva dans le flint pilé, à environ 0^{m},25 de profondeur, un dépôt d'or métallique identique à l'or natif qu'on trouve dans la nature, et, en plusieurs endroits, complétement isolé de tout autre métal en combinaison ; près de la surface de la sole, se trouvaient des morceaux de mattes, et un peu plus profondément, mais avant d'arriver à l'or, des taches d'un vert brillant, qu'on a déclaré être de l'arséniate de cuivre.

2° Les scories sont coulées six fois par jour. Elles tiennent en moyenne 13^{gr},68 d'argent aux 100 kilogrammes. Lorsque dans le mélange des minerais la proportion de blende argentifère de Georgetown est un peu forte, cette teneur en argent monte jusqu'à 85^{gr},46 ; on retraite alors ces scories pour mattes dans un four à cuve, en les mélangeant à des pyrites de fer.

Les mattes de cuivre sont expédiées en Angleterre. En juin 1873 on parlait d'installer à Black Hawk un atelier de séparation de l'or et de l'argent. Ce travail n'a pu être

entrepris plus tôt à cause des frais élevés qu'il nécessite, et surtout parce que les métaux précieux une fois séparés du cuivre, il aurait fallu les expédier dans l'est des États-Unis aux ateliers de monnayage, à grands frais de transport et risques; en outre on aurait été obligé d'expédier le cuivre et les métaux bas qui n'auraient pu supporter les frais de transport. D'après les dernières nouvelles, cet atelier serait actuellement en marche.

On évalue les frais totaux de traitement, y compris le fret pour l'Angleterre, à 608^{f},34 par tonne de matte produite.

J'ajoute ici l'échelle des prix d'achat des minerais telle qu'elle existait en 1872; en 1873, elle a été légèrement modifiée à l'avantage des mineurs, mais je n'ai pu en obtenir communication.

On paye pour l'argent 0^{f},125 par gramme après avoir déduit autant d'onces (31 grammes) qu'il y a d'unités de cuivre dans le minerai.

On paye 10^{f},30 l'unité de cuivre. Le produit étant vendu en Angleterre, l'unité de cuivre doit être rapportée à la tonne anglaise, et comme les minerais sont achetés et l'essai rapporté à la tonne faible américaine de 2.000 livres, une déduction de 12 p. 100 est faite sur l'essai de cuivre. De plus cet essai est fait par voie humide. Enfin on déduit 1,5 p. 100 pour la perte.

L'échelle des prix payés pour l'or est la suivante :

Pour un minerai contenant par tonne de 907 kilog. la valeur	2 onces d'or,	on paye	20 p. 100	de la valeur,
	3	—	30	—
	4	—	40	—
	5	—	45	—
	6	—	50	—
	7	—	52,5	—
	8	—	55	—
	9	—	58	—
	10	—	60	—

On ne paye pas les quantités inférieures à 31 grammes

d'argent et $7^{g},5$ d'or. Les valeurs sont estimées en or et payées en papier-monnaie des États-Unis, en tenant compte de la prime sur l'or au jour de l'achat à Central City, laquelle est ordinairement inférieure de 4 p. 100 à la prime de New York.

L'usine emploie cinquante hommes payés : les manœuvres $13^{f},80$ et les ouvriers spéciaux $20^{f},65$.

Pendant le premier semestre de l'année 1873, elle a produit une somme de métaux valant $2.027.879^{f},45$.

Résumons ici, en peu de mots, les traits principaux des procédés de traitement précédemment exposés. Nous laisserons de côté les méthodes par fusion : elles sont copiées sur celles qu'on emploie en Europe, et ne donnent de résultats à peu près satisfaisants qu'à l'usine de Black Hawk.

Les méthodes par amalgamation sont les seules auxquelles les Américains aient imprimé quelque originalité, pas toujours heureuse, il est vrai ; ce sont en outre celles dont l'emploi est le plus répandu, et qui par conséquent ont le plus d'importance. Toutes deux sont caractérisées par la rapidité de leur marche, et elles la doivent au pan, appareil que les Américains ont préféré au patio mexicain et au tonneau de Freyberg, à cause du poids considérable de minerai qu'il peut travailler en un temps court, de la simplicité de sa construction et de la main-d'œuvre très-faible qu'il exige. Cette rapidité dans le travail est le besoin dominant de la métallurgie américaine ; c'est lui qui a fait adopter comme appareil de grillage, dans le procédé de Reese River, le four Stetefeldt, auquel on peut prédire, sinon une fin prochaine, du moins un emploi de plus en plus restreint. On ne saurait trop apprécier l'influence d'un élément tel que le temps dans l'industrie ; mais il est permis

de croire que les Américains lui font une part trop large et que l'insuffisance des résultats obtenus provient partiellement de l'insuffisance du temps accordé aux opérations. Jamais la valeur du rendement d'un minerai n'atteint celle de sa teneur d'après l'essai par voie sèche. Dans le procédé de Reese River, la perte varie de 9 à 20 p. 100; dans le procédé Washoe, elle est égale à 35 p. 100 de cette teneur et se réduit à 20 par le traitement des résidus. Les Américains se préoccupent peu de ces pertes élevées, parce qu'ils n'*admettent* pas qu'on puisse obtenir un rendement même égal à la teneur constatée à l'essai. Signaler ces pertes, c'est dire qu'aucune de ces méthodes n'est à prendre comme modèle; en les exposant, on n'a voulu d'ailleurs que préciser l'état actuel de la métallurgie de l'argent aux États-Unis, et non établir un type de traitement applicables à des minerais déterminés. Ce type est encore à trouver; il est fâcheux que le procédé de M. Rivot, par la vapeur d'eau surchauffée, n'ait pas été essayé plus consciencieusement, avec tous les soins et toutes les précautions signalés par l'auteur; son insuccès a tenu surtout à la façon dont il a été appliqué.

Des deux méthodes, celle de Reese River est la plus coûteuse nécessairement. A Austin, les frais de traitement par tonne de minerai sont en moyenne de 155 fr.; à Georgetown, ils varient de 165 à 190 francs. Cette différence dans les prix de revient provient de la nature des minerais plombeux et zingueux du Colorado, qui exigent un grillage plus soigné que ceux d'Austin. Les frais dans le procédé Washoe, y compris ceux du traitement des résidus, varient aussi dans des limites assez larges, suivant la nature des minerais; de 65 à 70 fr. sur le Comstock, ils sont de 207 fr. dans le district d'Ely. On a donné précédemment le détail de ces frais; il est donc inutile d'y revenir. Nous nous bornerons à rappeler que la main-d'œuvre, le combustible et le mercure sont les éléments de dépense importants, la main-

d'œuvre surtout, et c'est là qu'il faut rechercher la cause de cette tendance répandue dans tous les États de l'Union à remplacer le travail de l'homme par le travail mécanique, même pour des opérations aussi délicates qu'un grillage et une chloruration.

Les difficultés économiques qu'on rencontre dans le traitement des minerais sont donc de même ordre que celles qui se présentent dans leur exploitation et tiennent à la même cause : la jeunesse et les ressources encore peu développées d'un pays nouveau.

En ajoutant aux frais moyens de traitement par tonne ceux d'exploitation, nous aurons la valeur minimum que doit rendre une tonne de minerai pour être exploitable avec profit. Ce rendement minimum est, sur le Comstock, de 113f,50, valeur qui se partage presque également entre les frais de traitement et les frais d'exploitation ; mais les minerais sont des sulfures presque purs. Dès que les métaux d'ordre inférieur (plomb, etc.) s'y trouvent mélangés, les frais augmentent considérablement et la valeur du rendement minimum suit la même marche croissante ; ainsi, dans le district d'Ely, il est de 245 francs (*). Il est beaucoup plus élevé dans le procédé de Reese River ; à George-

(*) M. Rivot, dans son travail sur le traitement des minerais d'or et d'argent, publié dans les *Annales des mines* par les soins de M. Moissenet, dit que l'amalgamation directe est « un mode de traitement peu coûteux, ce qui permet de l'appliquer à des minerais ne rendant pas plus de 300 francs d'or par tonne ». Une note (page 766, édition de 1872) ajoutée, nous le savons, à l'insu de M. Moissenet, avance que ce chiffre 300 est *évidemment* trop élevé, et que M. Rivot aurait rectifié l'erreur que contient son manuscrit s'il lui avait été donné de le revoir avant la publication. M. Rivot n'a pas commis d'erreur ; ses renseignements étaient parfaitements exacts. En 1868, époque à laquelle il écrivait, un rendement de 300 francs était un minimum pour beaucoup d'exploitations. Aujourd'hui même, malgré les perfectionnements des méthodes, le minimum atteint encore dans plusieurs districts des valeurs beaucoup plus élevées.

town, il varie de 310 à 340 fr.; à Austin, sa valeur est de 900 à 950 fr.; mais la différence considérable entre ce dernier rendement minimum et celui de Georgetown provient des difficultés de l'exploitation des mines, et je dois ajouter en outre que les chiffres donnés pour Georgetown s'appliquent à des minerais dont la teneur en plomb n'est pas très-élevée; dès que cette teneur s'élève, les frais de traitement augmentent d'une façon très-sensible.

De ces chiffres il ressort que la métallurgie de l'argent est susceptible aux États-Unis de bien des améliorations que le temps apportera en partie, mais que les directeurs des ateliers pourraient faire naître de suite si, à leurs connaissances pratiques très-étendues, ils voulaient joindre des connaissances techniques plus complètes, et s'obstinaient moins à suivre de vieux errements. On ne doit pas méconnaître cependant que leur assistance a puissamment aidé les mineurs dans leurs tâche ingrate, qu'en moins de quinze ans ils ont doté leur pays d'une puissante industrie, et ouvert à la métallurgie un nouveau et vaste champ d'expérience.

Observations. — A la suite de cette étude se présentent quelques questions d'économie générale d'un grand intérêt, sur lesquelles on n'a malheureusement pu recueillir que des documents fort incomplets. Quelle est la quantité totale d'argent que produisent annuellement les États-Unis? Quelle proportion existe-t-il entre la quantité de minerais soumis à la fonte et celle des minerais traités par amalgamation? Quelle est l'influence du prix du mercure sur la production de l'argent et quelle est la masse de ce métal que les procédés d'amalgamation font perdre annuellement? La production de l'argent suivra-t-elle une marche ascendante? ira-t-elle au contraire en diminuant?

A première vue il semble facile de connaître la quantité d'argent qu'on tire annuellement des mines de l'Union. Chaque camp minier possède au moins un journal qui en-

registre avec soin sa production; les métaux précieux sont expédiés vers les grands centres par des compagnies dites *express* qui sont responsables du dépôt qu'on leur confie, et par suite doivent tenir des comptes soignées de leurs expéditions; enfin des mains de ces compagnies ils passent aux établissements de monnayage ou sont exportés. Cependant il y a toujours des différences très-élevées entre les résultats qu'obtiennent les statisticiens en groupant les nombres fournis par ces sources diverses. Le commissaire fédéral des statistiques minières indique très-bien (*) les causes nombreuses qui produisent ces différences, et prouve qu'il est presque impossible de les éviter, le gouvernement n'ayant aucun contrôle sur les produits de mines très-nombreuses et réparties sur une étendue immense de terrain. Si l'on désire connaître en particulier la production de l'un des métaux précieux, le problème se complique; car on estime en dollars la valeur totale du *bullion* produit, c'est-à-dire des barres non raffinées qu'on obtient, le plus souvent par distillation d'un amalgame précieux, et dans cette estimation on ne distingue pas les proportions d'or et d'argent qui composent le mélange. Enfin les mineurs du Colorado et de l'Utah envoient en Europe tous les minerais assez riches pour supporter les frais du transport, et ces exportations ne sont qu'imparfaitement contrôlées.

La somme totale de l'or et de l'argent produits pendant les années 1869, 1870, 1871 est évaluée de la façon suivante par M. R. W. Raymond :

(*) *Rapport au Congrès pour l'année* 1870, p. 510.

	1869	1870	1871
	francs.	francs.	francs.
Californie.	115.875.000	128.750.000	103.000.000
Nevada.	72.100,000	82.400.000	115.875.000
Oregon et Washington. . .	15.450.000	15.450.000	12.875.000
Idaho.	36.050.000	30.900.000	25.750.000
Montana.	46.350.000	46.865.000	41.457.500
Colorado.	15.450.000	18.926.250	24.014.450
New-Mexico.	2,575.000	2.575.000	2.575.000
Arizona.	5.150.000	4.120.000	4.120.000
Utah.	»	6.695.000	11.845.000
Wyoming.	»	515.000	515.000
Autres sources.	2.575.000	2.703.000	1.287.500
	311.575.000	339.899.000	343.314.450

On a désigné sous le titre *autres sources* différents États à l'est du Mississipi, en particulier les États du Sud voisins de la chaîne des Alleghanys. Les sommes portées aux noms du Nouveau-Mexique et de l'Arizona ne peuvent être que de simples approximations ; il ne faut pas oublier que ces territoires sont à peine connus et que des bandes indiennes les sillonnent en tous sens. La même remarque s'applique à l'Oregon, au Washington, au Montana, à l'Idaho ; sur bien des points de ces États ou Territoires, on se sert encore de poudre d'or comme monnaie. Enfin la transformation des valeurs américaines en valeurs françaises a été faite en supposant que le dollar valait $5^{f},154$; les statistiques n'indiquent pas si la production des différents États est évaluée en or ou en papier-monnaie.

Pour quelle somme l'argent figure-t-il dans les nombres précédents ? D'après les livres des établissements de monnayage et de l'administration des douanes, les quantités d'argent exporté et monnayé ou déposé en banque auraient représenté une valeur de :

	1869	1870	1871
	francs.	francs.	francs.
Argent monnayé ou déposé.	4.111.404,65	6.801.167,25	32.548.298,70
Argent exporté.	69.903.149,05	60.692.049,60	103.853.555,85
	74.014.553,70	67.493.216,85	136.401.854,55

L'argent qui passe entre les mains des orfévres américains n'est pas compté dans les sommes précédentes; cette remarque suffira pour faire comprendre combien elles sont insuffisantes. La quantité d'argent exporté est toujours supérieure à celle de l'argent monnayé, et cette dernière décroît constamment, tandis que la production de l'argent augmente ; ce métal est donc en Amérique, au moment actuel, un objet de commerce plutôt qu'une matière d'échange, et, fait singulier quand on songe aux rapports nombreux et fréquents des États-Unis avec la Chine, c'est en Europe que cette matière trouve ses principaux débouchés. L'aigle mexicaine est le type que préfèrent les Chinois; jusqu'à ce jour ils ont repoussé le dollar de commerce (trade-dollar) américain. Le Congrès vient de faire frapper un nouveau trade-dollar plus fin que l'ancien, qui, espère-t-on, surmontera les répugnances chinoises. Si ce but est atteint, et si en même temps les payements en espèces ne reprennent pas dans l'Union, il faut s'attendre à voir le monnayage diminuer et l'exportation de l'argent prendre de nouvelles proportions.

Le tableau précédent montre un écart très-grand entre les productions pendant les années 1870 et 1871. C'est à la découverte des amas de la mine Crown Point, sur le Comstock, qu'il faut attribuer l'augmentation signalée. L'influence de ce grand gîte sur la production de l'argent est incontestable, et, malgré le nombre considérable des mines argentifères réparties entre les Rocheuses et la Sierra Nevada, il est permis de croire que le quart de l'argent américain en est tiré. Ses minerais sont traités par amalgamation; sans avoir entre les mains des nombres précis, on peut estimer qu'il en est de même pour les trois quarts des minerais d'argent et que le dernier quart seulement est traité par fusion. La production de l'argent aux États-Unis est donc intimement liée à la production et au prix du mercure. Ce dernier métal est exclusivement tiré des mines

de Californie, principalement de New-Almaden, New-Idria, et Redington. Le prix du kilogramme a varié en 1873 de 9f,08 à 12f,45; il suit les fluctuations fréquentes de la bourse de San Francisco. La production a atteint les valeurs suivantes :

	1869	1870	1871
	tonnes.	tonnes.	tonnes.
Production totale.	1.166,961	1.026,162	1.107,259
Exportation.	847,957	478,871	528,085
Restées aux États-Unis. . .	319,004	547,291	579,174

La production de ces trois années est sensiblement inférieure à celle des années précédentes, quoique celle-ci ne se soit jamais élevée à plusieurs milliers de tonnes, comme quelques métallurgistes en France paraissent portés à le croire. La moitié environ du métal produit est exportée, en Chine principalement où elle sert à la fabrication du vermillon; l'autre moitié est affectée à l'amalgamation des minerais d'or et d'argent. Ceux-là n'en consomment qu'une faible partie; car les pertes en mercure qu'entraîne leur traitement ne sont pas considérables; ces pertes sont au contraire très-sensibles dans les procédés appliqués aux minerais d'argent. Sur le Comstock, par exemple, on perd $\frac{1}{20}$ environ du mercure employé; pendant l'année 1871, on a traité 264.331 tonnes de minerai au minimum, ce qui représente un total de 11.102 tonnes de mercure ayant passé dans les pans de Virginia City. — On a donc dû perdre près de 560 tonnes de mercure, qui devront être remplacées, et qui forment le tiers de la production californienne, et les $\frac{3}{5}$ de la quantité de mercure restée en Amérique. — La production du mercure diminuant, et de nouveaux districts de mines argentifères étant ouverts chaque année, il y a lieu de se demander si de nouveaux procédés de traitement des minerais d'argent ne s'imposeront pas aux Américains. On ne veut point

dire par là que l'amalgamation devra être complétement abandonnée par suite de la stérilité des mines de mercure; mais ces gisements sont si mal connus après plus de vingt ans d'exploitation, et la découverte de leurs parties riches est tellement due au hasard, que la production d'une année pourrait être insuffisante sans que celle de l'année suivante le fût, et, si cette hypothèse se réalisait, quelle ligne de conduite pourraient suivre les Américains? C'est là une question sérieuse dont les métallurgistes de l'Union devraient se préoccuper.

Quant à la marche future que suivra la production de l'argent, tout porte à croire qu'elle sera ascendante. Si l'on jette un regard sur la carte des États et Territoires situés entre les Rocheuses et la Sierra Nevada, on verra que les districts actuellement exploités ne sont que des points perdus dans une immense étendue de pays où partout on signale la trace de nouveaux et riches gisements. Souvent les rapports sont extravagants et promettent des merveilles irréalisables; mais si l'on s'en tient au dire d'explorateurs sérieux et dignes de foi, ces pays sauvages et encore peu connus renferment des richesses minérales qui constitueront pour l'Union une réserve puissante. Que dans les dix prochaines années à venir les Américains réalisent une somme de travail égale à celle qu'ils ont produite pendant les dix dernières, et il sera difficile de fixer une valeur à la somme de métaux précieux qu'ils feront entrer dans la circulation.

MÉMOIRE

SUR

LA FABRICATION DU FER, DE L'ACIER PUDDLÉ ET DE L'ACIER FONDU

AU FOUR ROTATIF PERNOT

A L'USINE DE SAINT-CHAMOND (LOIRE).

Par M. A. HENRY, ingénieur des mines.

L'apparition du four à puddler de M. Danks a produit dans la métallurgie du fer, en Angleterre notamment, une émotion considérable ; le nouvel appareil paraissait résoudre enfin le problème du puddlage mécanique ; il supprimait le travail si pénible du puddleur ; il était considéré comme devant apporter à la fois de grands avantages aux propriétaires d'usines et un soulagement très-marqué aux fatigues des ouvriers.

Mais l'adoption du four Danks entraîne la modification complète de l'usine ; il faut non-seulement changer les fours, mais encore augmenter de beaucoup la puissance des appareils cingleurs et des laminoirs ; on ne peut en effet cingler et laminer avec les outils existants les boules énormes de fer brut que l'on retire du nouveau four. C'est pourquoi on a cherché une disposition qui rendît le travail du puddlage, sinon complétement mécanique, du moins beaucoup plus facile pour l'ouvrier, mais qui n'entraînât pas avec elle un changement radical dans l'outillage de la forge.

M. Pernot, chef de fabrication à l'usine de Saint-Chamond (Loire), a adopté un four à sole circulaire, en forme de cuvette, tournant autour d'un axe faisant un petit angle avec la verticale. Ce four a été expérimenté depuis les derniers mois de 1873; j'ai suivi avec soin les essais divers qui ont été faits, soit pour la fabrication du fer, soit pour celle de l'acier naturel; je me propose de donner ici la description aussi complète que possible de l'appareil et des résultats qu'il a fournis; je dirai ensuite comment le dispositif de la sole tournante a été appliqué pour la fabrication de l'acier fondu au four à réverbère, et j'indiquerai les résultats obtenus à l'usine de Saint-Chamond dans cette fabrication.

Je dois adresser à MM. Petin et Gaudet et à M. Pernot mes remercîments les plus sincères pour l'obligeance avec laquelle ils m'ont permis de suivre le travail du nouveau four et donné tous les renseignements numériques que je leur ai demandés.

Rive-de-Gier, juillet 1874.

I. — FABRICATION DU FER.

Description du four rotatif. — Le four Pernot se compose d'une partie fixe comprenant la chauffe, la voûte du laboratoire et le rampant, et d'une partie mobile formée de la sole et de son support.

La chauffe se compose d'une grille ordinaire dont les barreaux mobiles H (*fig.* 1, 2, 3 et 4, Pl. III) reposent sur deux fers fixes; elle a deux portes de chargement P disposées d'une façon symétrique; en avant, quatre petits ouvraux, fermés par de petites portes de fonte *a*, servant au piquage du feu pendant le travail; le cendrier est fermé au moyen de portes en tôle; l'air destiné à alimenter le four est amené sous la grille par un ventilateur ordinaire; on règle son arrivée au moyen d'une valve *b* mue par une manette *m* à la disposition de l'ouvrier. L'autel est à 40 centimètres de hauteur moyenne au-dessus de la grille; en maintenant cette dernière suffisamment garnie de charbon, la chauffe fait jusqu'à un certain point fonction de générateur à gaz et donne une flamme s'étendant dans tout le laboratoire, peu brillante et plutôt réductrice qu'oxydante.

Le laboratoire est tout à fait circulaire; la maçonnerie repose sur une plaque de fonte M formée de plusieurs pièces assemblées, et représentées par les *fig.* 9 à 15, Pl. III; cette plaque est inclinée vers l'avant du four comme la sole mobile; elle est placée au niveau de l'autel qui, lui aussi, est incliné comme la sole; les portes de travail D' sont toutes deux percées dans la même face du four et correspondent à la région la plus basse de la sole; celle qui avoisine le rampant est de plus grandes dimensions que celle qui est près de l'autel; les bancs de fonte (*fig.* 12 à 15) qui forment la base de ces portes font partie de la plaque M et sont assemblés avec elle; l'avant du four est à pans coupés, comme l'indique la *fig.* 2, Pl. III; l'arrière est plein et rectiligne.

Le rampant V est situé dans l'axe même du four, au niveau de la plaque M ; sa base est inclinée comme cette plaque. Il se rend dans la cheminée d'appel ou sous une chaudière à flammes perdues.

Tout le massif est garni de plaques de fonte et d'armatures en rails réunis par des tirants à la partie supérieure, comme l'indiquent les *fig.* 1, 2, 3 et 4 de la Pl. III.

Au-dessous du laboratoire, règne une excavation rectangulaire dont les parois soutiennent la plaque M ; c'est dans cette excavation que se trouvent la sole et son support.

La sole A est une cuve circulaire ; le fond est formé d'une plaque de tôle ; les bords sont composés de segments de fonte à brides, renforcés par des nervures venues de fonte avec les pièces ; l'assemblage des segments avec la tôle de fond se fait au moyen de boulons à clavettes placés tous à l'extérieur, de sorte que les réparations de toute nature, changements de segments brisés, etc., peuvent se faire très-facilement sans qu'il soit nécessaire de toucher au garnissage de la sole ; les segments sont consolidés à leur partie supérieure par un cercle de fer à brides assemblées également au moyen de boulons à clavettes. Les coupes représentées sur les *fig.* 1 et 4, Pl. III, indiquent suffisamment ces dispositions.

Au-dessous de la plaque de tôle qui forme le fond de la cuve, est fixé le mécanisme qui lui permet de se mouvoir autour d'un axe incliné ; ce mécanisme se compose d'une couronne dentée légèrement conique F, formée, elle aussi, de segments reliés à la plaque de fond au moyen de brides que traversent les boulons d'assemblage de la cuve, de façon à pouvoir être remplacés isolément en cas de rupture. A l'intérieur de cette couronne dentée, est fixée une pièce de fonte à quatre bras qui forme une sorte de crapaudine renversée et appuyée sur la tête du pivot G ; les bras portent des coussinets qui embrassent les tourillons de galets coniques I roulant sur une voie également conique portée

par le chariot au centre duquel est fixé le pivot G ; cette voie est munie d'un rebord qui sert de guide aux galets et empêche l'arbre de se fausser ; l'inclinaison de cet arbre sur la verticale est de 6 à 7 degrés ; sa projection horizontale est perpendiculaire au grand axe du four. Le chariot peut rouler lui-même sur les rails R placés au fond de l'excavation qui règne sous le four ; cette disposition permet de retirer très-vite tout le système mobile, soit pour faire des réparations à la sole ou au four, soit pour changer la sole.

Le mouvement de rotation est communiqué à la cuve au moyen du pignon conique N et de la couronne dentée F ; ce pignon est disposé à l'extrémité d'un arbre qui tourne dans un large coussinet Q fixé sur un appendice du chariot mobile ; une machine à vapeur de la force de 2 à 3 chevaux donne le mouvement à un autre arbre S maintenu entre des coussinets reposant sur un dé fixe de pierre ; ces deux arbres sont réunis par une allonge T et des trèfles comme les cylindres successifs d'un train de laminoirs ; pour retirer le chariot de dessous le four, il faut rompre d'abord la communication avec la machine qui est fixe ; la disposition que je viens d'indiquer permet de le faire rapidement.

La sole est formée d'une couche de minerai brisé en petits fragments et jeté à la pelle de façon à garnir bien régulièrement le fond et les bords de la cuve ; la surface est régularisée au moyen de battitures qui remplissent les petites cavités existantes, et de scories de cinglage qui, en fondant, glacent la sole et la rendent suffisamment unie. Cette préparation se fait à chaud, pendant que l'appareil est en mouvement ; la rotation, faisant passer successivement toutes les parties devant les portes, facilite beaucoup le travail ; on peut aussi recouvrir la couche de minerai qui forme la base de la sole d'une couche de riblons brûlés comme cela se pratique dans les fours ordinaires ; on a ainsi ajouté des riblons pendant quatre à cinq mois à Saint-

Chamond; mais actuellement on ne les emploie plus; la sole est faite exclusivement avec du minerai, des battitures et des scories de cinglage. Le minerai employé est du Mokta en petits fragments; tout d'abord on craignait que ce minerai fût trop infusible pour donner une sole bien résistante; aussi plaçait-on par-dessus la couche de Mokta une centaine épaisseur de minerai quartzeux de Saint-Léon (Sardaigne) qui fondait assez facilement en formant un silicate très-basique et glaçait ainsi la surface de la sole; mais on a reconnu que les battitures et les scories de cinglage donnent au Mokta une fusibilité suffisante, et ce minerai est aujourd'hui employé seul.

Entre les bords de la sole tournante et la plaque M, il existe un joint dont l'épaisseur, réduite autant que possible, atteint encore 3 à 4 centimètres par suite des mouvements qu'on ne peut empêcher dans des masses chauffées aussi fortement que le sont les parois des fours à puddler; c'est l'existence de ce joint qui force à employer le vent soufflé pour alimenter la grille; il occasionnerait en effet un appel d'air vers l'intérieur du four, et causerait ainsi ou un refroidissement sensible ou une oxydation trop vive des matières sur la sole; en maintenant une certaine pression dans le four à l'aide d'un ventilateur, on force au contraire les flammes à sortir par le joint qui dès lors ne peut plus servir d'appel d'air; un jet d'eau continu sert à refroidir les bords de la sole et de la plaque M et à empêcher leur fusion.

Pour forcer ainsi les flammes à sortir par le joint et par toutes les ouvertures des portes, il faut non-seulement employer du vent soufflé, mais encore obtenir une combustion telle que le four puisse être rempli totalement par les gaz enflammés; c'est pourquoi l'on doit maintenir toujours le charbon assez haut sur la grille afin que celle-ci produise des gaz inflammables et non des gaz brûlés, et marcher avec peu d'air; de cette façon, les flammes s'éten-

dent dans tout le laboratoire et vont jusqu'à la cheminée; mais elles sont plutôt réductrices qu'oxydantes. Je reviendrai plus loin sur ce fait.

L'emploi du vent forcé présente un certain inconvénient; il arrive fréquemment que de petites escarbilles sont entraînées; quand les loupes sont formées, ces escarbilles se logent dans leurs pores, et ni le cinclage ni le laminage ne peuvent les expulser entièrement; elles peuvent ainsi donner lieu à des *pailles* dans la masse du fer fini. Il serait facile de supprimer cet inconvénient; il suffirait, en effet, de laisser entre la chauffe et le laboratoire un rampant assez long pour que les escarbilles ne pussent le franchir, et de faire fonctionner la chauffe tout à fait comme un générateur à gaz; cette disposition ne modifierait en rien la nature des flammes et ne pourrait dès lors influer sur la marche du travail.

Le four dont je viens de donner la description, et dont la sole a 2^{m},50 de diamètre et 35 à 40 centimètres de profondeur, est construit pour une charge moyenne de 1.000 kilogrammes de fonte; on a même pu y puddler des charges de 1.200 kilogrammes. Ce four coûte 14.000 francs environ, machine motrice comprise.

Marche du travail. — La marche du travail présente des différences assez sensibles suivant qu'on puddle des fontes blanches ordinaires de forge ou des fontes de qualité supérieure et plus ou moins grises ou lamelleuses.

Fonte ordinaire. — Ce que je vais dire du travail des fontes ordinaires se rapporte au traitement des fontes blanches de forge du Pouzin qui constituent un type bien régulier et connu depuis longtemps.

Lorsqu'une charge vient d'être cinglée et que la grille a été décrassée, la température du four s'est sensiblement abaissée; la scorie qui reste dans la sole est devenue un peu pâteuse; l'ouvrier met alors le four en mouvement,

et, avec une sorte de spadelle recourbée (*fig.* 8, Pl. III), il rejette cette scorie contre les bords et au centre de la sole afin de garnir celle-ci d'une façon bien régulière et de lui donner la forme d'une cuvette annulaire; cela fait, il laisse le four se réchauffer et pousse le feu.

Lorsque la température voulue est atteinte, on charge une certaine quantité de battitures, puis des scories de cinglage, et enfin la fonte ; cette charge s'effectue très-vite ; on lance les battitures et les scories à la pelle et les morceaux de fonte à la main, le tout au hasard, dans le four en mouvement; la rotation répartit suffisamment bien la charge sur la sole.

Lorsque la fonte est rouge, on la retourne; puis quand la température augmente et qu'elle commence à fondre, on la retourne encore et on la fait tomber ainsi en petits fragments, ce qui active sa fusion.

Dès que la fusion est complète, on commence le brassage; la rotation facilite beaucoup ce brassage, et cela pour plusieurs causes : d'abord elle l'effectue seule jusqu'à un certain point tout le temps que la matière reste bien fluide; la sole, en tournant, entraîne en effet les couches inférieures du bain qui, par suite de l'inclinaison, tendent ainsi à monter; la pesanteur les fait redescendre sur la surface de la sole, et leur imprime un mouvement relatif en sens inverse du mouvement de rotation de la cuve; la charge roule pour ainsi dire dans la partie la plus basse de la sole; mais la vitesse de rotation, qui ne dépasse pas trois tours par minute, ne suffit pas à elle seule pour assurer un brassage suffisant, surtout si les matières tendent à devenir pâteuses ; le mouvement propre du four contribue néanmoins à diminuer de beaucoup les fatigues de l'ouvrier qui n'a qu'à poser son ringard sur le fond de la sole et à l'appuyer contre l'ouvreau de la porte de travail en le changeant peu à peu de place et en lui faisant parcourir une ligne un peu inclinée sur le rayon de la cuve;

de cette façon, en effet, toutes les parties de la sole viennent, par suite de la rotation, passer devant le ringard ; cette rotation remplace le mouvement de va-et-vient rapide que le puddleur doit imprimer à son outil dans le four ordinaire. On peut dire qu'entre les mains d'un ouvrier quelque peu habitué à ce genre de travail, le four Pernot supprime presque complétement le brassage en ce qu'il lui enlève tout ce qu'il a de pénible.

Quand le fer commence à prendre nature, il faut éviter que les grumeaux se collent sur la sole ; pour cela, l'ouvrier remplace son crochet ordinaire (*fig.* 5, Pl. III) par un outil dont l'extrémité aplatie forme une sorte de tranchant élargi (*fig.* 6, Pl. III) ; en appuyant cet outil contre l'ouvreau de la porte de façon à diriger son extrémité en sens inverse de la rotation, son tranchant, posé à plat sur le fond de la sole, soulève constamment les grumeaux formés comme le soc d'une charrue soulève la terre, et il suffit de le déplacer peu à peu, pour arriver sans grande fatigue à remettre continuellement les grumeaux en suspension dans la masse fondue.

Au fur et à mesure que l'opération s'avance, le gâteau de fer prend sur la sole de plus en plus de consistance ; la rotation ne produit plus de brassage ; elle a simplement pour effet de faire sortir successivement la masse ferreuse du bain liquide pour l'y faire rentrer ensuite, et de la maintenir ainsi à une température élevée et bien égale dans toute l'étendue de la sole.

Lorsque le gâteau est formé, on arrête le four ; puis on opère le retournement et le soulèvement du fer dans la partie qui se trouve au voisinage de chaque porte ; l'outil employé est une sorte de ringard tranchant un peu courbé, représenté par la *fig.* 7, Pl. III. Dès que la partie voisine des portes est soulevée et retournée, on fait marcher la sole de manière à amener une autre partie à la place de la première ; le travail se fait ainsi par secteurs successifs ;

l'ouvrier n'a jamais à s'inquiéter que de la région qui se trouve au voisinage immédiat de la porte de travail; la forme annulaire du fond de la cuvette le dispense même d'atteindre le centre de la sole.

Pendant le soulèvement et le retournement, les ouvriers ont divisé autant que possible la masse de fer en petites parties, correspondant chacune à une loupe; le travail de la formation des loupes se fait aussi par secteurs successifs, en arrêtant et en faisant tourner le four alternativement.

Lorsque les loupes sont formées, le cinglage commence; pendant qu'on cingle les premières, on continue à travailler dans le four pour terminer celles qui restent, agglutiner toutes les parcelles de fer, et au besoin retourner encore certaines masses incomplétement affinées; l'extraction des loupes du four est facilitée par le mouvement de rotation; chacune d'elles peut en effet être amenée successivement tout contre la porte; c'est par la grande porte située du côté du rampant que se fait la sortie des loupes.

Lorsque la dernière loupe est cinglée, on arrête le vent, on ouvre le cendrier, et on décrasse complétement la grille; pendant ce temps, le four refroidit un peu; il faut le réchauffer lorsque, le décrassage terminé, on recommence une charge.

Pendant toute la durée de l'opération, les flammes sortent du four par tous les joints; elles sont peu transparentes et permettent difficilement de suivre les phases de la charge si l'on n'est pas très-habitué à regarder dans les fours incandescents. Le registre de la cheminée est maintenu toujours ouvert, ainsi que la valve du conduit qui amène l'air; il n'y a ni période de refroidissement ni période de coup de feu pendant le travail.

Le tableau suivant indique la durée de chaque phase de l'opération pour le traitement complet d'une charge de 1.000 kilogrammes de fonte blanche du Pouzin; les chiffres

qu'il contient résultent de nombreuses observations que j'ai faites pendant la marche du four.

	heures.	minutes.	minutes.
Charge des battitures, des scories de cinglage et de la fonte.	0	00	25
Retournement de la fonte.	0	25	20
Fusion complète, commencement du brassage.	0	45	15
Apparition des grumeaux de fer.	1	00	10
Arrêt du four, retournement par secteurs successifs.	1	10	10
Soulèvement du fer et confection des loupes.	1	20	20
Cinglage de la première loupe.	1	40	20
Cinglage de la dernière loupe, décrassage de la grille, mise du four en mouvement.	2	00	20
Nouvelle charge.	2	20	

La sole du four s'use peu à peu et d'une façon régulière sur toute sa surface ; il faut de temps en temps la réparer en y ajoutant une nouvelle couche de minerai que l'on recouvre de scories de cinglage ; chaque réparation dure ainsi une heure à une heure 30' ; il faut laisser au four le temps de se réchauffer avant de commencer une nouvelle charge.

On a puddlé des fontes du Pouzin pendant une semaine entière ; les quatre derniers jours, on a fait régulièrement 10 charges par 24 heures ; les premiers jours, on n'était arrivé qu'à 9 charges.

Le personnel d'un four se compose de deux puddleurs, deux aides-puddleurs, un chauffeur et un petit machiniste. Ce sont en général les aides-puddleurs qui travaillent dans le four depuis le commencement de la charge jusqu'au moment de l'arrêt du four et du retournement du fer ; les puddleurs terminent la charge jusques et y compris la formation des loupes ; les aides sortent les loupes du four et les traînent sous le marteau-pilon cingleur ; les puddleurs font à la sole les réparations nécessaires ; le décrassage de la grille se fait par le chauffeur assisté d'un aide-puddleur.

La partie pénible du travail consiste dans le soulève-

ment du fer et la confection des loupes ; le mécanisme ne donne à l'ouvrier aucun secours, sinon qu'il lui permet de ne travailler que tout près de la porte ; cette phase dure environ 30 minutes ; sur la totalité de la durée d'une charge, on peut dire que les puddleurs ont un repos complet de $1^h,20'$ et une période de travail d'une heure comprenant 30 minutes de réelle fatigue.

Fontes fines. — La marche du puddlage des fontes fines diffère quelque peu de celle qui vient d'être indiquée pour les fontes ordinaires. Ce qui suit se rapporte au traitement des fontes de Toga (Corse) ; ce sont des fontes au bois, truitées, un peu grises, mélangées de fontes blanches lamelleuses tirant sur le spiegel.

Les premières phases de l'opération, depuis le chargement jusqu'à la fusion complète de la fonte, sont les mêmes que dans le traitement de la fonte ordinaire. Dès que la fusion est complète, on baisse le registre de la cheminée, on diminue le vent sous la grille et, à l'aide d'une lance, on jette une certaine quantité d'eau dans le four ; le bain se refroidit alors notablement ; la scorie se fige et se peroxyde sous l'action de l'eau ; on continue à jeter de l'eau jusqu'à ce que la masse entière soit pour ainsi dire réduite en grumeaux, et l'on brasse avec le crochet pour faire un mélange bien intime ; de cette façon, la charge est transformée en un magma pâteux formé de particules de fonte entourées d'une couche de scorie figée et peroxydée.

On lève alors le registre progressivement, et l'on rend peu à peu le vent sous la grille ; la charge redevient liquide et bouillonne fortement ; pendant tout le temps du bouillonnement, il est à peine besoin de brasser ; le mouvement de rotation et la réaction violente qui s'opère suffisent pour produire l'agitation nécessaire.

Dès que la charge prend nature, on la termine comme je l'ai dit pour les fontes ordinaires.

Les chiffres qui suivent, et qui représentent la moyenne de beaucoup d'observations que j'ai relevées au courant du travail, indiquent la durée de chaque phase du traitement d'une charge de 900 kilogrammes, moitié fonte gris clair, moitié fonte blanche lamelleuse.

	heures.	minutes.	minutes.
Charge des battitures, des scories de cinglage et de la fonte	0	00	
Retournement de la fonte	0	30	30
Fusion complète, fermeture du registre, projection d'eau sur le bain	0	55	25
Commencement du bouillonnement, ouverture du registre	1	15	20
Apparition des grumeaux de fer	1	35	20
Arrêt du four, retournement du fer	1	45	10
Confection des loupes	1	55	10
Cinglage de la première loupe	2	05	10
Cinglage de la dernière loupe, mise en marche du four, décrassage de la grille	2	25	20
Nouvelle charge	2	50	25

La sole a besoin d'être réparée tous les deux jours ; chaque réparation demande 700 kilogrammes de minerai ; il faut environ $1^h,30'$ pour la terminer et réchauffer le four de façon à recommencer le travail.

Le personnel du four est le même que pour la fonte ordinaire ; le travail est un peu moins pénible en ce que le brassage est presque complètement supprimé.

On fait en général 8 charges par 24 heures.

De même que dans le travail des fontes ordinaires, les flammes remplissent constamment le four, sortent par tous les joints et paraissent sombres ; vers la fin de l'opération cependant, elles sont plus claires et il est plus facile de distinguer ce qui se passe sur la sole.

Réactions. — De ce que j'ai dit de la nature des flammes, on doit conclure que l'atmosphère du four n'a que peu d'action sur la charge ; si, d'autre part, on remar-

que que la sole, faite exclusivement avec des matières riches en oxygène comme le minerai de Mokta et les battitures qui ont une composition voisine de celle du peroxyde de fer, s'use peu à peu et que ces matières riches en oxygène doivent être remplacées au fur et à mesure de leur disparition; si l'on considère surtout que, comme je le dirai plus tard, on arrive parfois à retirer du four plus de fer que n'en contient la fonte chargée, on en conclut que les éléments de la sole doivent nécessairement se réduire et oxyder les matières étrangères au fer qui se trouvent dans la fonte; la sole joue donc dans les réactions le rôle principal; malgré le peu de brassage apparent qui se produit, comme les couches inférieures du bain se déplacent continuellement par suite de l'entraînement dû à la rotation et du mouvement inverse dû à la pesanteur, toutes les particules de la charge viennent successivement passer au contact de la sole, et s'affiner en réagissant sur les matières oxydées que contient cette dernière; en se réduisant, ces matières donnent du fer métallique qui s'ajoute à celui qui provient de la fonte.

Dans le travail des fontes blanches ordinaires de forge, le bain conserve toujours un état plus ou moins pâteux, et l'entraînement dû à la rotation de la sole est plus que suffisant pour produire une agitation assez forte, mais qui n'est pour ainsi dire pas assez intime, qui ne renouvelle pas suffisamment les surfaces en contact avec la sole; aussi faut-il suppléer au brassage mécanique par un brassage à la main.

Avec les fontes grises ou blanches lamelleuses, l'effet inverse a lieu; le bain est trop liquide et la rotation n'a d'autre effet que de le faire rouler dans la partie la plus basse du four, sans l'entraîner suffisamment pour que le renouvellement des surfaces en contact avec la sole se fasse bien. Comme en outre ces fontes sont plus carburées et plus siliceuses que les fontes blanches ordinaires, l'opé-

ration serait très-longue si l'on s'en tenait à cette agitation produite par la rotation de la sole aidée même par un brassage énergique à la main ; en refroidissant le four et en injectant de l'eau, non-seulement on ramène le bain à l'état pâteux, mais encore on produit un mélange intime de fonte et de scorie peroxydée sous l'influence de cette eau. Lorsqu'on donne ensuite un coup de feu, les réactions qui s'opèrent entre cette scorie et la fonte viennent s'ajouter à celles qui ont lieu entre la fonte et la sole ; le dégagement tumultueux de gaz qu'elles produisent vient en aide au brassage, et l'on s'explique aisément que le travail de l'ouvrier soit alors presque superflu.

Ainsi donc, c'est dans la sole qu'il faut chercher les causes de l'affinage de la fonte ; il en résulte que les matières employées à la confection de cette sole doivent être aussi pures que possible, afin que leur réduction ne vienne pas ajouter d'impuretés à celles qui existent déjà dans la fonte, ou du moins n'en ajoute pas une proportion sensible ; il ne faudrait donc employer ni minerais sulfureux ou phosphoreux, ni battitures, ni scories de cinglage provenant du traitement des fers produits avec ces minerais.

Essais comparatifs. — Je puis donner ici les résultats des essais comparatifs qui ont été faits à l'usine de Saint-Chamond sur diverses qualités de fontes traitées au four Pernot et au four ordinaire.

Fonte fine au bois de Toga (Corse). — Le tableau suivant résume la marche du four Pernot pendant une semaine du mois de juin (six jours et cinq nuits).

Four Pernot.

	Charges.	CONSOMMATIONS.				PRODUITS.	MISE AU 00/00.			
		Fonte.	Minerai.	Crasse fine.	Houille.	— Fer brut.	Fonte.	Minerai.	Crasse fine.	Houille.
		kilog.	kilog.	kilog.	hect.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	hectol.
Jour.	4	3.600	720	300	45	3.374	1.067	213	89	13,32
Nuit.	4	3.600	»	300	45	3.475	1.036	»	86	12,95
Jour.	4	3.600	»	300	43	3.514	1.027	»	86	12,25
Nuit.	4	3.600	»	300	46	3.719	970	»	81	13,36
Jour.	4	3.600	»	300	42	3.733	963	»	80	11,24
Nuit.	3	2.700	761	300	46	2.720	993	280	110	16,92
Jour.	4	3.600	»	300	44	3.554	1.014	»	85	12,38
Nuit.	4	3.600	»	300	44	3.652	986	»	82	12,04
Jour.	4	3.600	»	300	42	3.525	1.022	»	85	11,92
Nuit.	4	3.600	560	300	44	3.585	1.005	157	84	12,28
Jour.	4	3.600	»	300	38	3.599	1.000	»	84	10,56
11	43	38.700	2.041	3.300	479	38.450	1.005	53	86	12,46

La production moyenne par journée de douze heures est de 3.496 kilogrammes de fer brut. Il en résulte que pour obtenir une tonne de fer, il faut 0,57 journée de puddleur et d'aide-puddleur et 0,28 journée de chauffeur et de machiniste.

Le déchet est faible; quatre journées sur onze ont donné des poids de fer supérieurs à ceux de la fonte employée.

La consommation de houille est de 12^{hect},46, soit 1.060 kilogrammes par tonne de fer produit, non compris le combustible employé au début du travail pour allumer le four et l'amener à la température voulue. En tenant compte de cette dépense, la consommation par tonne de fer brut est augmentée de 40 à 45 kilogrammes.

Le fer obtenu est du fer à grain de qualité bien régulière.

— Le tableau suivant résume de même la marche d'un four ordinaire pendant la même semaine.

Four ordinaire.

	CHARGES.	CONSOMMATIONS.				PRODUITS	MISE AU 00/00.			
		Fonte.	Riblon.	Crasse fine.	Houille.	Fer brut.	Fonte.	Riblon.	Crasse fine.	Houille.
		kilog.	kilog.	kilog.	hect.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	hectol.
Jour.	5	1.100	84	60	18	1.024	1.072	82	58	17,56
Nuit.	6	1.320	63	60	21	1.226	1.077	51	49	17,15
Jour.	5	1.100	63	60	18	1.035	1.062	61	58	17,40
Nuit.	5	1.100	63	60	18	1.008	1.091	62	59	17,85
Jour.	5	1.100	63	60	21	1.032	1.066	61	58	20,35
Nuit.	6	1.320	84	60	19	1.240	1.063	68	48	15,32
Jour.	5	1.100	63	60	20	999	1.100	63	60	20,00
Nuit.	5	1.100	63	60	18	1.025	1.072	61	58	17,57
Jour.	6	1.320	84	60	18	1.231	1.072	68	41	14,63
Nuit.	5	1.100	84	60	21	1.007	1.092	83	60	20,85
Jour.	5	1.100	63	60	19	1.020	1.079	62	59	18,63
11	58	12.760	777	660	211	11.847	1.076	65	56	17,80

La production moyenne par journée de four de douze heures est de 1.077 kilogrammes de fer brut; la main-d'œuvre nécessaire pour obtenir une tonne de fer est de 0,93 journée de puddleur et d'aide-puddleur.

Le déchet est d'environ 7 p. 100.

La consommation de houille, non compris l'allumage du four, est de $17^{hect},80$, soit 1513 kilogrammes par tonne de fer brut.

Le fer obtenu est du fer à grain de qualité moins régulière que celui qui provient du four Pernot.

Prix de revient spéciaux de la tonne de fer brut (*).

		FOUR PERNOT.		FOUR ORDINAIRE.	
		Quantités.	Valeur.	Quantités.	Valeur.
		kilog.	francs.	kilog.	francs.
Matières.	Fonte.	1.005	190,95	1.076	204,44
	Riblon.	»	»	65	7,80
	Minerai.	53	1,91	»	»
	Crasse fine. . .	86	1,72	56	1,12
	Houille.	1.060	19,08	1.513	27,23
			213,66		240,59
		Journées.		Journées.	
Main-d'œuvre.	Puddleur. . . .	0,57	4,56	0,93	7,44
	Aide-puddleur.	0,57	2,28	0,93	3,72
	Chauffeur. . . .	0,28	0,84	»	»
	Machiniste. . .	0,28	0,56	»	»
			8,24		11,16
	Totaux. . . .	. . . .	221,90	. . . .	251,75

Fonte blanche de forge du Pouzin (Ardèche). — Les deux tableaux qui suivent résument le travail du four Pernot et du four ordinaire pendant une semaine du mois d'avril (six jours et cinq nuits) ; à cette époque, on faisait encore entrer dans la sole du four Pernot des riblons (tournure de fer) et du minerai quartzeux de Saint-Léon.

(*) Pour établir ces prix, je compte la fonte à 190 francs, les riblons à 120 francs, le minerai de Mokta à 36 francs, la crasse fine à 20 francs, et la houille à 18 francs la tonne. Je suppose que la journée du puddleur est de 8 francs, celle de l'aide-puddleur de 4 francs, celle du chauffeur de 3 francs et celle du machiniste de 2 francs.

Four Pernot.

	CHARGES.	CONSOMMATIONS.					PRODUITS.		MISE AU 00/00.				
		Fonte.	Riblon.	Minerai.	Crasse fine.	Houille.	Fer brut.	Fer Riblon (1).	Fonte.	Riblon.	Minerai.	Crasse fine.	Houille.
		kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	h.	kilog.	kilog.	kilog.	kil.	kil.	kil.	hect.
Jour.	5	5.000	»	»	300	37	4.624	»	1.081	»	»	65	8,00
Nuit.	4	4.000	800	»	300	35	3.684	381	1.085	217	»	81	9,49
Jour.	5	5.000	»	»	300	36	4.722	»	1.059	»	»	63	7,62
Nuit.	4	4.000	800	»	300	35	3.778	353	1.059	211	»	79	9,26
Jour.	4	4.000	800	»	300	35	3.793	339	1.055	211	»	79	9,23
Nuit.	5	5.000	»	710	500	37	4.668	»	1.071	»	152	107	7,93
Jour.	5	5.000	»	»	300	38	4.761	»	1.050	»	»	63	7,98
Nuit.	5	5.000	»	»	400	36	4.761	»	1.050	»	»	84	7,56
Jour.	5	5.000	400	720	400	35	4.717	121	1.059	85	153	85	7,42
Nuit.	5	5.000	»	»	350	35	4.726	»	1.058	»	»	74	7,41
Jour.	5	5.000	»	775	350	38	4.735	»	1.056	»	163	74	8,03
11	52	52.000	2.800	2.205	3.800	397	48.969	1.194	1.062	57	45	78	8,11
			1.194				1.194						
			1.606				50.163		1.062 (2)	33	45	76	7,92

(1) Le fer riblon est le métal obtenu par le cinglage de la boule de riblon que l'ouvrier retire du four après l'avoir promenée sur la sole pendant assez longtemps pour garnir celle-ci convenablement.

(2) Les chiffres indiqués sur cette ligne représentent la mise au 00/00, déduction faite du fer riblon.

La production moyenne par journée de four est de 4.560 kilogrammes de fer brut comprenant 108 kilogrammes de fer riblon; la main-d'œuvre spéciale correspondante à une tonne de fer produit comprend 0,44 journée de puddleur et d'aide-puddleur et 0,21 journée de chauffeur et de machiniste.

Le déchet est d'environ 6 p. 100.

La consommation de houille, non compris l'allumage du four, est de $7^{\text{hect}},92$, soit 673 kilogrammes par tonne de fer.

Le fer obtenu est du fer à nerf de qualité bien réglière.

Four ordinaire.

	CHARGES.	CONSOMMATIONS.				PRODUITS —	MISE AU 00/00.			
		Fonte.	Riblon.	Crasse fine.	Houille.	Fer brut.	Fonte.	Riblon.	Crasse fine.	Houille.
		kilog.	kilog.	kilog.	hect.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	hectol.
Jour.	8	2.000	63	40	21	1.753	1.143	36	23	12,00
Nuit.	8	2.000	»	40	21	1.740	1.152	»	23	12,08
Jour.	8	2.000	42	40	21	1.770	1.130	24	23	11,66
Nuit.	8	2.000	42	40	21	1.850	1.081	23	22	11,35
Jour.	8	2.000	»	40	21	1.771	1.130	»	23	11,86
Nuit.	8	2.000	63	40	21	1.773	1.128	36	23	11,85
Jour.	8	2.000	»	40	21	1.721	1.164	»	23	12,21
Nuit.	8	2.000	42	40	21	1.801	1.112	23	22	11,66
Jour.	8	2.000	42	40	21	1.761	1.136	24	23	11,95
Nuit.	8	2.000	»	40	21	1.790	1.118	»	23	11,75
Jour.	8	2.000	63	40	21	1.775	1.127	36	23	11,85
11	88	22.000	357	440	231	19.505	1.128	18	23	11,85

La production moyenne par journée de four est de 1.773 kilogrammes de fer brut; la main-d'œuvre relative à une tonne de fer produit est de 0,56 journée de puddleur et d'aide-puddleur.

Le déchet est de 12 à 13 p. 100.

La consommation de houille pendant le travail est de 11^{hect},85, soit 1.007 kilogrammes par tonne de fer brut.

Le fer obtenu est de qualité moins constante qu'au four Pernot.

— Les mêmes fontes, travaillées dans les usines de l'Horme, donnent les résultats suivants (*) :

Nombre de charges par douze heures. 8
Production moyenne journalière d'un four. . . 1.640 kilog.
Main-d'œuvre pour une tonne de fer brut :
Journées de puddleur et d'aide. 0,61

Mise au 00/00. .	Fonte.	1.098	kilog.
	Riblon.	12,2	—
	Crasse fine.	25	—
	Houille.	1.130	—

(*) Renseignements communiqués par M. Leseure, Directeur de la compagnie de l'Horme.

— Les résultats obtenus à Terrenoire avec les fontes de la Voulte, qui sont identiques à celles du Pouzin, sont les suivants (moyenne des mois de janvier et février 1874) (*) :

Nombre de charges par douze heures.		12
Production moyenne journalière d'un four.		2.398 kilog.
Main-d'œuvre spéciale pour une tonne de fer :		
Journées de puddleur et d'aide.		0,41
Mise au 00/00.	Fonte.	1.095 kilog.
	Riblon.	30 —
	Houille.	1.174 —

Prix de revient spéciaux de la tonne de fer brut (**)

		Four Pernot.		Fours ordinaires.					
				Saint-Chamond.		L'Horme.		Terrenoire.	
		Quantités.	Valeur.	Quantités	Valeur.	Quantités.	Valeur.	Quantités.	Valeur.
		kilog.	fr.	kilog.	fr.	kilog.	fr.	kilog.	fr.
Matières.	Fonte.	1.062	106,20	1.128	112,80	1,098	109,80	1.095	109,50
	Riblon.	33	3,96	18	2,16	12,2	1,46	30	3,60
	Minerai.	45	1,62	»	»	»	»	»	»
	Crasse fine.	76	1,52	23	0,46	25	0,50	»	»
	Houille.	673	12,11	1.007	18,12	1.130	20,34	1.174	21,11
			125,41		133,54		132,10		134,21
		Journées.		Journées.		Journées.		Journées.	
Main-d'œuvre.	Puddleur.	0,44	3,52	0,56	4,48	0,61	4,88	0,41	3,28
	Aide-puddleur.	0,44	1,76	0,56	2,24	0,61	2,44	0,41	1,64
	Chauffeur.	0,22	0,66	»	»	»	»	»	»
	Machiniste.	0,22	0,44	»	»	»	»	»	»
			6,38		6.72		7,32		4,92
Totaux.		.....	131,79	.....	140,26	.....	139,42	.....	139,13

Fontes de Fraisans. — On a puddlé au four Pernot, dans les premiers jours de juin, des fontes de Fraisans seules ou mélangées avec des fontes grises de M. la Rochette de Givors; sur un total de trente-trois charges de 900 kilogrammes chacune, on en a fait sept de fonte de Fraisans n° 3 seule, trois de fonte de Fraisans n° 5 seule,

(*) Renseignements communiqués par M. Euverte, Directeur des usines de Terrenoire.

(**) Je suppose que la fonte vaut 100 francs et le riblon 120 fr. la tonne; les autres matières sont cotées aux mêmes prix que précédemment.

quatorze de fonte de Fraisans n° 3 et de fonte grise de Givors mélangées par moitié, huit composées de deux tiers de fonte de Fraisans n° 3 et d'un tiers de fonte de Givors, une formée d'un tiers de fonte de Fraisans et deux tiers de fonte de Givors, et une de fonte de Givors seule. Le but était de faire du fer à grains pour la tréfilerie. Les résultats ont été les suivants :

Production journalière par four.		3.766 kilog.
Main-d'œuvre spéciale par tonne de fer brut :		
Journées de puddleur et d'aide.		0,53
Journées de chauffeur et de machiniste.		0,26
Mise au 00/00. . .	Fonte.	1.030 kilog.
	Minerai.	74 —
	Crasse fine.	80 —
	Houille.	894 —

— D'après les renseignements qui m'ont été fournis par M. Minary, directeur des hauts-fourneaux de Rans, et M. Girod, directeur des forges de Fraisans, la consommation moyenne dans leurs usines serait, pour les fours ordinaires et par tonne de fer brut, de 1.150 kilogrammes de fonte et de 16 hectolitres, soit 1.360 kilogrammes de houille. Mais les fers obtenus à Saint-Chamond auraient été d'une qualité inférieure à ceux obtenus à Fraisans ; leur classement aurait donné les proportions suivantes :

Fer à grain fin, coté. . .	24 francs.	31 pour 100.
Fer à grain et à nerf. . .	22 —	44 —
Fer à nerf.	22 —	0,3 —
Fer ordinaire.	16 —	24,7 —

Le classement des fers de Fraisans présenterait au contraire les chiffres moyens ci-dessous :

Fer à grain supérieur, coté	27 francs.	15 pour 100.
Fer à grain fin.	24 —	38 —
Fer à grain et à nerf. . .	22 —	35 —
Fer à nerf.	22 —	10 —
Fer ordinaire.	16 —	2 —

Mais M. Girod ajoute que 3.000 kilogrammes environ de fonte blanche n° 5 ont été traitées dans le four Pernot, tandis que les chiffres ci-dessus se rapportent au traitement du mélange de fonte de Fraisans n° 3 et de fonte de Givors, et que cette proportion de fonte blanche a dû augmenter la quantité de fer ordinaire produit.

Prix de revient spéciaux de la tonne de fer brut (*).

	FOUR PERNOT.		FOUR ORDINAIRE de Fraisans.	
	Quantités.	Valeur.	Quantités.	Valeur.
	kilog.	francs.	kilog.	francs.
Fonte	1.030	133,90	1.150	149,50
Minerai	74	2,66	»	»
Crasse fine	80	1,60	»	»
Houille	894	16,10	1.360	24,08
Totaux	......	154,26	......	173,58

Fonte grise de Montluçon. — On a puddlé au four Pernot, à Saint-Chamond, une petite quantité de fonte gris clair n° 3 de Montluçon; on a fait six charges seulement. Les résultats du travail ont été les suivants :

Production journalière d'un four	3.303 kilog.	
Main-d'œuvre par tonne de fer produit :		
Journées de puddleur et d'aide	0,60	
Journées de chauffeur et de machiniste	0,30	
Mise au 00/00 : Fonte	1.058	kilog.
Minerai	155	—
Crasse fine	85	—
Houille	872	—

— D'après les renseignements qui m'ont été fournis par M. Forez, directeur des usines de Montluçon, la marche du puddlage des mêmes fontes au four ordinaire se résume dans les chiffres suivants :

(*) Je suppose que la fonte vaut 130 francs la tonne.

Production journalière d'un four.		1.250 kilog.
Main-d'œuvre par tonne de fer produit :		
Journées de puddleur et d'aide.		0,80
Mise au 00/00. . .	Fonte.	1.094 kilog.
	Houille.	1.526 —

On emploie ni crasse fine ni riblon.

Les fers produits à Saint-Chamond ont donné à l'essai des résultats irréguliers et en moyenne inférieurs à ceux que donnent les fers de Montluçon : ainsi, la première charge a été mauvaise ; la deuxième charge a donné du fer excellent ; les trois suivantes ont été assez bonnes ; la dernière, de 450 kilogrammes seulement, a fourni un produit très-mauvais.

Prix de revient spéciaux de la tonne de fer brut (*).

		Four Pernot.		Four ordinaire.	
		Quantités.	Valeur.	Quantités.	Valeur.
		kilog.	francs.	kilog.	francs.
Matières.	Fonte.	1.058	126,96	1.094	131,28
	Minerai.	155	5,58	»	»
	Crasse fine. . .	85	1,70	»	»
	Houille.	872	15,69	1.526	27,46
			149,93		158,74
		Journées.		Journées.	
Main-d'œuvre.	Puddleur. . . .	0,60	4,80	0,80	6,40
	Aide-puddleur.	0,60	2,40	0,80	3,20
	Chauffeur. . . .	0,30	0,90	»	»
	Machiniste. . .	0,30	0,60	»	»
			8,70		9,60
Totaux.		. . . .	158,63	. . . .	168,34

Fontes d'Ougrée (*Belgique*). — On a essayé la fonte blanche de forge d'Ougrée seule pour fer ordinaire et un mélange composé de deux tiers de spiegel d'Ougrée et d'un tiers de fonte blanche pour fer à grain très-fin.

Voici quels ont été les résultats de ces deux essais :

(*) Je suppose que la fonte vaut 120 francs la tonne.

1° *Fonte blanche seule.*

Production journalière du four (12 heures)		5.114	kilog.
Main-d'œuvre spéciale par tonne de fer brut :			
Journées de puddleur et d'aide		0,39	
Journées de chauffeur et de machiniste		0,20	
Mise au 00/00	Fonte	1.060	kilog.
	Minerai (*)	»	—
	Crasse fine	69	—
	Houille	717	—

2° *Mélange formé de 2/3 de spiegel et de 1/3 de fonte blanche.*

Production journalière du four (12 heures)		3.267	kilog.
Main-d'œuvre spéciale par tonne de fer brut :			
Journées de puddleur et d'aide		0,61	
Journées de chauffeur et de machiniste		0,30	
Mise au 00/00	Fonte	1.058	kilog.
	Minerai (**)	91	—
	Crasse fine	107	—
	Houille	991	—

La qualité du fer obtenu a été très-bonne; les essais à la traction ont donné une résistance à la rupture de $38^k,8$ par millimètre carré et un allongement avant rupture de 19 à 20 p. 100.

— D'après les renseignements qui m'ont été transmis par la Direction de l'usine d'Ougrée, les résultats du travail des mêmes fontes au four ordinaire à Ougrée sont les suivants :

1° *Fonte blanche.*

Production journalière d'un four (12 heures, 8 charges)	1.607	kilog.
Main-d'œuvre spéciale par tonne de fer brut :		
Journées de puddleur et d'aide-puddleur	0,60	

(*) La durée des six charges faites a coïncidé avec l'intervalle de deux réparations de la sole ; c'est pourquoi il n'y a pas de consommation de minerai indiquée.

(**) Les essais ont été commencés sur une sole garnie de minerai de Mokta, mais le minerai consommé pour les réparations pendant le travail est du fer oligiste oolithique des environs de Namur (Belgique).

Mise au oo/oo. . .	Fonte.	1.120	kilog.
	Minerai (*).	105	—
	Houille.	1.000	—

2° *Mélange de 2/3 de spiegel et de 1/3 de fonte blanche.*

Production journalière d'un four (12 heures, 5 1/2 charges). . . . . 1.076 kilog.
Main-d'œuvre spéciale par tonne de fer brut :
Journées de puddleur et d'aide-puddleur. . . . 0,93

Mise au oo/oo. . .	Fonte.	1.149	kilog.
	Minerai (*).	250	—
	Houille.	1.640	—

On ne consomme ni riblon, ni battitures.

Prix de revient spéciaux de la tonne de fer brut (**).

1° Fonte blanche.

		FOUR PERNOT.		FOUR ORDINAIRE à Ougrée.	
		Quantités.	Valeur.	Quantités.	Valeur.
		kilog.	francs.	kilog.	francs.
Matières.	Fonte.	1.060	84,80	1.120	89,60
	Minerai (1). . .	45	0,54	105	1,26
	Crasse fine. . .	67	1,38	»	»
	Houille. . . .	717	12,90	1.000	18,00
			99,62		108,86
		Journées.		Journées.	
Main-d'œuvre.	Puddleur. . . .	0,39	3,12	0,60	4,80
	Aide-puddleur.	0,39	1,56	0,60	2,40
	Chauffeur. . . .	0,20	0,60	»	»
	Machiniste. . .	0,20	0,40	»	»
			5,68		7,20
Totaux.		. . . .	105,30	. . . .	116,06

(1) J'ai pris le chiffre de consommation obtenu dans les essais des fontes du Pouzin; ce chiffre, peu important d'ailleurs comme valeur, n'est ici qu'approximatif.

(*) Le minerai est également du fer oligiste oolithique des environs de Namur ; il est employé en gros morceaux pour faire un cordon autour de la sole ; on répare ce cordon au fur et à mesure qu'il s'use.

(**) Je suppose que la fonte blanche vaut 80 francs et le mélange de spiegel et de fonte blanche 150 francs la tonne. Ces prix sont

2° Mélange de 2/3 de spiegel et de 1/3 de fonte blanche.

		FOUR PERNOT.		FOUR ORDINAIRE à Ougrée.	
		Quantités.	Valeur.	Quantités.	Valeur.
		kilog.	francs.	kilog.	francs.
Matières.	Fonte.	1.058	158,70	1.149	172,35
	Minerai.	91	1,09	250	3,00
	Crasse fine. . .	107	2,14	»	»
	Houille.	991	17,83	1.640	29,52
			179,76		204,87
		Journées.		Journées.	
Main-d'œuvre.	Puddleur. . . .	0,61	4,88	0,93	7,44
	Aide-puddleur.	0,61	2,44	0,93	3,72
	Chauffeur. . . .	0,30	0,90	»	»
	Machiniste. . .	0,30	0,60	»	»
			8,82		11,16
Totaux.		. . . .	188,58	. . . .	216,03

Fonte blanche de Seraing (*Belgique*). On a puddlé au four Pernot dix charges de fonte blanche de Seraing pour champignons de rails de fer; chaque charge était de 1.000 kilogrammes; les résultats ont été les suivants :

Production journalière d'un four. . . . . 4.172 kilog.
Main-d'œuvre par tonne de fer brut :
Journées de puddleur et d'aide-puddleur. . . . 0,48
Journées de chauffeur et de machiniste. 0,24

Mise au oo/oo. . .	Fonte.	1.065 kilog.
	Minerai.	(*)
	Crasse fine.	53 —
	Houille.	731 —

supérieurs aux prix de revient à Ougrée; d'après les renseignements fournis par la Direction de l'usine, le prix de revient de la fonte blanche est de 60 francs et celui du spiegel de 100 francs la tonne. J'attribue à ces matières des valeurs plus grandes afin de pouvoir mieux comparer avec les résultats obtenus dans le traitement des fontes du bassin de la Loire. Je suppose que le minerai vaut 12 francs la tonne; ce serait à peu près la valeur d'un minerai semblable dans le bassin.

(*) Ces dix charges ont été faites dans l'intervalle de deux réparations de sole consécutives; c'est pourquoi il n'y a pas de consommation de minerai indiquée.

— D'après les renseignements qui m'ont été transmis par M. Watieux, chef de fabrication à l'usine de Seraing, les résultats du puddlage des mêmes fontes au four ordinaire sont les suivants :

Nombre de charges par 12 heures		8
Production journalière d'un four		1.660 kilog.
Main-d'œuvre par tonne de fer brut :		
Journées de puddleur et d'aide-puddleur		0,60
Mise au 00/00	Fonte	1.160 kilog.
	Minerai	» —
	Riblon	» —
	Houille	975 —

Prix de revient spéciaux de la tonne de fer brut.

		FOUR PERNOT.		FOUR ORDINAIRE à Seraing.	
		Quantités.	Valeur.	Quantités.	Valeur.
		kilog.	francs.	kilog.	francs.
Matières.	Fonte	1.065	(1) 85,20	1.160	92,80
	Minerai	(2) 45	1,62	»	»
	Crasse fine	53	1,06	»	»
	Houille	731	13,16	975	17,55
			101,04		110,35
		Journées.		Journées.	
Main-d'œuvre.	Puddleur	0,48	3,84	0,60	4,80
	Aide-puddleur	0,48	1,92	0,60	2,40
	Chauffeur	0,24	0,72	»	»
	Machiniste	0,24	0,48	»	»
			6,96		7,20
Totaux		....	108,00	....	117,55

(1) Je suppose que la fonte vaut 80 francs la tonne.
(2) Je suppose, comme pour les fontes d'Ougrée, que la consommation de minerai a été la même que pour les fontes du Pouzin.

— Le tableau suivant résume les résultats des essais comparatifs dont je viens de donner le détail (*).

(*) A la suite de ces essais, faits sous la surveillance des représentants des usines intéressées, la compagnie de l'Horme, la société des forges de Franche-Comté, la fabrique de fer d'Ougrée,

FONTES TRAITÉES.	PRIX DE REVIENT SPÉCIAUX de la tonne de fer brut.				Différences totales par tonne de fer brut en faveur du four Pernot.
	Matières premières.		Main-d'œuvre.		
	Four Pernot.	Four ordinaire.	Four Pernot.	Four ordinaire.	
	francs.	francs.	francs.	francs.	francs.
Fonte au bois de Toga.	213,66	240,59	8,24	11,16	29,85
Fonte du Pouzin à Saint-Chamond. .	125,41	133,54	6,38	6,72	8,47
Fonte du Pouzin à l'Horme.	—	132,10	—	7,32	7,63
Fonte du Pouzin à Terrenoire.	—	134,21	—	4,92	7,34
Fonte de Fraisans.	154,26	173,58	»	»	19,32
Fonte de Montluçon.	149,93	158,74	8,70	9,60	9,71
Fontes d'Ougrée blanches.	99,62	108,86	5,68	7,20	10,76
Fontes d'Ougrée mélangées.	179,76	204,87	8,82	11,16	27,45
Fonte de Seraing.	101,04	110,35	6,96	7,20	9,55

Ce qui frappe au premier abord à l'inspection de ces chiffres, c'est que l'économie résultant de l'emploi du four Pernot est beaucoup plus grande pour le travail des fontes fines que pour le puddlage des fontes ordinaires; cette économie, qui atteint presque 30 francs pour les premières, ne dépasse pas 10 francs pour les secondes.

On voit aussi que l'économie provient surtout de la réduction de consommation des matières premières, fonte et houille; pour les fontes ordinaires, elle porte plutôt sur la houille que sur la fonte, et atteint en moyenne le tiers du combustible consommé au four ordinaire; pour les fontes fines, l'économie de combustible est sensiblement la même,

les usines de Seraing et de Charleroi ont traité pour l'emploi du four Pernot.

Pour avoir des points de comparaison absolument exacts, il faudrait tenir compte du charbon consommé pour la production de la vapeur motrice ; mais comme dans les forges, cette vapeur est toujours produite par l'utilisation des flammes qui sortent des fours, cette consommation ne peut être comptée que pour mémoire ; d'autre part, j'ai supposé que le machiniste n'avait que la machine d'un four à surveiller; il n'en serait pas ainsi dans un atelier comprenant plusieurs fours ; le même machiniste pourrait surveiller deux ou trois machines, ce qui diminuerait un peu la dépense de main-d'œuvre.

mais celle de fonte est très-considérable et atteint la presque totalité du déchet au four ordinaire. Cette différence tient à ce que les fontes dites *fines*, qui sont en général des fontes grises ou du spiegel, sont beaucoup plus riches en silicium et en carbone que les fontes dites *ordinaires*, qui sont des fontes blanches de forge; cette grande proportion de silicium et de carbone a pour effet de réduire une plus grande quantité du minerai de la sole; le fer provenant de ce minerai compense et même dépasse quelquefois les pertes produites par l'affinage de la fonte et augmente le rendement.

Il y a également une certaine économie sur la main-d'œuvre, mais elle est bien moins importante que l'économie de matières; elle varie de 2 à 3 francs par tonne pour les fontes fines; elle n'atteint pas 1 franc pour les fontes ordinaires. Les fours ordinaires de Terrenoire exigent même une main-d'œuvre moins élevée que le four Pernot; le travail est très-rapide, mais cet avantage est compensé par une plus grande consommation de matières.

Somme toute, on peut dire que l'emploi du four Pernot diminue de 25 à 30 francs le prix de revient de la tonne de fer fin et de 7 à 10 francs le prix de revient de la tonne de fer ordinaire.

Comparaison du four Pernot et du four Danks. — Le four Pernot ne peut être considéré comme résolvant le problème du puddlage mécanique; il ne supprime pas le travail de l'ouvrier, il ne fait que le faciliter; néanmoins tous ceux qui, à Saint-Chamond, ont été occupés à ce four n'hésitent pas à déclarer que son emploi diminue dans une certaine mesure les fatigues corporelles du puddleur; comme je l'ai dit plus haut, le seul travail qui soit réellement pénible consiste dans le retournement du fer et la formation des loupes.

Le four Danks, au contraire, supprime tout travail; la rotation produit un brassage énergique, et lorsque le fer a

pris nature, celui-ci se rassemble en une grosse loupe qui roule sur elle-même dans la partie la plus basse de la sole; à ce point de vue, le four Danks est bien supérieur au four Pernot.

Le garnissage de la sole du four Danks présente de grandes difficultés. On comprend aisément qu'il soit difficile de maintenir en place une matière portée à une haute température, que le mouvement de la fonte tend à désagréger constamment, et qui à chaque tour de l'appareil se trouve suspendue et simplement accrochée à l'ossature métallique du rotateur. Il n'en est pas ainsi au four Pernot, parce que la sole reste toujours dans une position voisine de la position horizontale; tous les garnissages y résistent aussi bien que dans les fours ordinaires. La seule condition que doit remplir le minerai employé est d'être infusible et de ne pas être plus impur que celui qui a servi à faire la fonte traitée, afin qu'il n'introduise pas d'impuretés nouvelles dans le fer.

On n'est pas tout à fait maître de la qualité obtenue au four Danks; si toutes les parties de la charge ne sont pas également avancées au moment où la loupe se forme, il peut y avoir à l'intérieur de celle-ci des régions fonteuses, incomplétement affinées, emprisonnées dans la masse de fer, et soustraites aux actions oxydantes de l'atmosphère du four et de la scorie; les réchauffages que doit subir le fer avant le finissage ont bien pour effet de ramener une certaine homogénéité par suite d'un affinage interne qui peut se produire entre les molécules encore carburées et les parcelles de scories non expulsées; mais si le carbone et le silicium peuvent ainsi se brûler et être éliminés à l'état de gaz ou de scorie, il n'en est pas de même des autres impuretés moins oxydables telles que le soufre et le phosphore, et il est difficile d'arriver à une homogénéité parfaite.

Au four Pernot, l'habileté de l'ouvrier peut suppléer aux irrégularités d'affinage s'il s'en produit; au moment de la

formation des loupes, on peut en effet reconnaître les parties encore *trop jeunes*, les dégager de la masse et leur laisser le temps de s'affiner complétement avant de les retirer du four ; aussi, dans tous les essais qui ont duré assez longtemps pour que les puddleurs pussent bien se rendre maîtres de leur travail, le fer obtenu a-t-il toujours présenté une grande homogénéité, et le classement des barres n'a-t-il jamais donné qu'une ou deux catégories de produits. Les essais des fontes de Montluçon et de Fraisans ont bien présenté des irrégularités; mais on comprend facilement qu'il en ait été ainsi, si l'on réfléchit qu'on n'a puddlé que six charges des premières, et que, lors du travail des secondes, les proportions du mélange des fontes ont changé si fréquemment qu'on n'a pas fait plus de six charges consécutives identiques.

D'un autre côté, le cinglage de la loupe unique tirée du four Danks exige des appareils d'une force bien supérieure à ceux qui existent actuellement dans les forges, tandis que la charge du four Pernot pouvant être divisée à volonté, il est possible d'utiliser pour le desservir tout l'outillage ancien. M. Jones établit bien que le devis d'une forge ordinaire contenant cinquante fours à puddler se monte à un chiffre à peu près aussi élevé que celui d'une forge Danks devant produire la même quantité de fer avec douze fours rotatifs (*) ; mais si la dépense en frais d'installation est la même quand il s'agit de créer une usine nouvelle, il n'en est plus ainsi quand on veut transformer une usine déjà établie ; il faut en effet dans ce dernier cas ajouter aux dépenses nouvelles la valeur entière de l'ancien matériel qu'on remplace et qui ne peut plus être utilisé. A ce point de vue, le four Pernot présente sur le four Danks des avantages considérables et incontestables.

(*) Affinage de la fonte par le procédé Danks, par M. Amiot, ingénieur des mines, *Annales des mines*, t. II, 1872.

Prix de revient spéciaux de la tonne de fer brut obtenu au four Danks (*).

		FONTES grises anglaises. (120 francs la tonne.)		FONTES blanches anglaises. (80 francs la tonne.)		FONTES américaines grises et traitées grises. (120 francs la tonne.)		FONTES de Middlesbro. Mélange de grise et de blanche (100 francs la tonne).		FONTES de J. A. Jones Brothers and C°.	
		Quantités.	Valeur.	Quantités.	Valeur.	Quantités.	Valeur.	Quantités.	Valeur.	Quantités.	Valeur.
		kilog.	francs.	kilog.	francs.	kilog.	francs.	kilog.	francs.	kilog.	francs.
Matières.	Fonte.	930	111,60	999	79,92	975	117,00	961	96,10	1.025	»
	Minerai.	240 (1)	8,64	240 (1)	8,64	205	7,38	280	10,08	»	»
	Riblon.	19 (1)	2,28	19 (1)	2,28	47	5,64	»	»	»	»
	Houille.	1.450	26,10	1.100	19,80	1.250	22,50	1.400	25,20	»	»
			148,62		110,64		152,52		131,38		»
		Journées.		Journées.		Journées.		Journées.		Journées.	
Main-d'œuvre.	Puddleur. . . .	0,40 (2)	3,20	0,45 (3)	3,60	0,47 (4)	3,76	0,55 (5)	4,40	»	»
	Aide-puddleur.	0,40	1,60	0,45	1,80	0,47	1,88	0,55	2,20	»	»
	Manœuvre.. . .	1,00	3,00	1,14	3,42	1,20	3,60	1,38	4,14	»	»
			7,80		8,82		9,24		10,74		»
Totaux. . . .		. . . . . .	156,42	. . . . . .	119,46	. . . . . .	161,76	. . . . . .	142,12	. . . . . .	»

(1) Ces chiffres sont les moyennes de consommation d'un seul four; un autre four avait consommé 370 de minerai et 33 de riblon. Il n'est pas fait mention dans le Rapport de la nature de la fonte à laquelle ces chiffres doivent être attribués spécialement.

(2) Production journalière de 2.500 kilogrammes environ.
(3) Production journalière de 2.200 kilogrammes environ.
(4) Production journalière de 2.100 kilogrammes environ.
(5) Production journalière de 1.800 kilogrammes environ.

(*) Ces prix de revient ont été calculés au moyen des renseignements contenus dans les Rapports anglais et belges publiés par M. Gautier, ingénieur aux forges de Terrenoire (Loire), dans le *Bulletin de la Société de l'Industrie minérale* (IVe livr. de 1872, et IIe livr. de 1873); les prix des matières et de la main-d'œuvre sont ceux du bassin de la Loire pour des matières et des opérations analogues.

D'après ce tableau, le prix de revient de la tonne de fer brut obtenue au four Danks, dans le bassin de la Loire, serait :

Pour de la fonte à	120 francs,	de 155 à 160 francs.
—	100	—	de 142 fr. environ.
—	80	—	de 119 fr. environ.

J'ai dit plus haut que le prix de revient au four Pernot est :

Pour de la fonte à	120 francs	(Montluçon),	158f,63.
—	100	— (l'Horme). .	131f,79.
—	80	— (Ougrée). . .	105f,30 (*).

On voit par là qu'au point de vue économique, le four Pernot présente au moins autant d'avantages que le four Danks (**). Ses avantages sur ce dernier sont d'autant plus marqués que la fonte est plus blanche et moins chère ; cela tient à ce qu'il donne un rendement moins considérable, mais aussi à ce qu'il dépense beaucoup moins de minerai que le four Danks.

En résumé, le four Pernot apporte un certain soulagement aux fatigues du puddleur ; il ne présente pas, comme le four Danks, de difficultés spéciales pour le garnissage de la sole; son emploi réalise une petite économie sur la main-d'œuvre et une économie notable sur les matières premières; il réduit en particulier la consommation de la houille d'environ un tiers ; enfin, contrairement au four Danks, il peut être desservi par les outils existant dans les forges actuellement en activité ; à tous ces titres, il réalise un progrès réel et important dans la fabrication du fer.

(*) Ce chiffre serait porté à 106f,38, si l'on comptait le minerai à 56 francs la tonne.

(**) Je ne veux pas préciser davantage la comparaison, parce que les renseignements que j'ai pu me procurer sur la marche du four Danks en consultant les Rapports cités plus haut sont beaucoup moins nets que ceux que j'ai recueillis sur le four Pernot à Saint-Chamond.

II. — FABRICATION DE L'ACIER PUDDLÉ.

Le four employé à la fabrication de l'acier puddlé est le même que celui qui sert pour le puddlage du fer ; la sole est garnie de la même manière avec du minerai de Mokta, des battitures et des scories de cinglage ; la proportion de ces dernières est seulement plus considérable, parce que le travail doit se faire tout entier en bain de scorie. Le nombre d'ouvriers attachés au four est le même que dans le travail pour fer.

Marche du travail. — Ce que je vais dire se rapporte au puddlage pour acier d'une charge de 600 kilogrammes de fonte grise au bois de Toga (Corse).

Lorsqu'une charge est terminée, on arrête le vent et l'on décrasse la grille ; pendant ce temps, on met le four en mouvement et l'on y introduit les battitures, que l'on répartit surtout sur les bords et au centre de la sole, et les scories de cinglage destinées à former le bain ; ces matières s'échauffent peu à peu. Le décrassage fini, on referme le cendrier et l'on donne le vent ; on laisse le four se réchauffer suffisamment ; puis, quand la température est assez élevée, on ajoute quelques pelletées de battitures et l'on charge la fonte.

Quand les morceaux de fonte arrivent au rouge, on les retourne ; puis, quand la température s'élève au voisinage du point de fusion, on les retourne de nouveau et on les fait tomber en morceaux.

La fusion étant complète, on abaisse le registre de la cheminée et l'on jette de l'eau dans le four, afin de refroidir la masse liquide et de la transformer, comme dans le travail des fontes fines et pour les mêmes raisons, en une sorte de magma composé de globules de fonte entourés et séparés par de la scorie peroxydée.

A partir de ce moment, on commence le brassage à un seul homme, afin de maintenir bien intime le mélange de fonte et de scorie.

La température monte; peu à peu on relève le registre et enfin on l'ouvre complétement; à ce moment, la charge commence à bouillonner et on la brasse énergiquement à deux hommes. La réaction se produit entre la scorie peroxydée et la sole d'une part et les matières étrangères de la fonte de l'autre ; par suite du dégagement d'oxyde de carbone, le bain monte rapidement et déborde bientôt pardessus le bord de la sole; c'est ce bouillonnemet considérable au milieu d'un bain profond de scorie qui force à limiter la charge à 600 kilogrammes, tandis qu'avec le même four on peut puddler facilement 900 kilogrammes de la même fonte quand on travaille pour fer; dans ce dernier cas, en effet, on charge beaucoup moins de scorie, le bain est moins profond, et le bouillonnement n'arrive pas à le faire déborder d'une trop grande quantité pour entraver la marche du four.

Lorsque la réaction perd de sa vivacité, le bain tombe et l'acier prend nature; alors on arrête le four et l'on baisse le registre ; on forme les loupes et on les retire au fur et à mesure qu'elles sont prêtes ; on ne fait pas le retournement du gâteau comme dans le travail pour fer; l'acier doit en effet rester plongé dans la scorie afin d'être protégé contre l'atmosphère du four. C'est pour la même raison qu'on n'attend pas que toutes les loupes soient faites pour commencer le cinglage. Cependant, on peut dire que l'atmosphère du four est plutôt réductrice qu'oxydante; ce qui le prouve, c'est que les flammes qui s'échappent par les ouvreaux des portes pendant le travail laissent un abondant dépôt de noir de fumée sur le ringard de l'ouvrier; néanmoins, comme il peut se produire dans la masse des flammes des courants oxydants, surtout quand on ouvre la porte pour retirer les loupes, il est nécessaire d'agir comme on le fait.

Dès que la dernière loupe est cinglée, on décrasse la grille et l'on prépare le four pour une nouvelle charge.

Le tableau suivant, qui est le résultat des observations que j'ai faites pendant le travail, indique la durée de chacune des périodes :

	heures.	minutes.	minutes.
On charge quelques pelletées de crasses fines, puis la fonte.	0	00	25
On retourne la fonte.	0	25	35
La charge est fondue, on abat le registre, on jette de l'eau dans le four et l'on brasse à un homme.	1	00	30
On lève le registre, on brasse à deux hommes.	1	30	10
La charge est en plein bouillonnement.	1	40	10
L'acier commence à prendre nature.	1	50	5
On arrête le four, on abat le registre et l'on fait la première loupe, qui est tirée immédiatement.	1	55	17
On tire la dernière loupe, on décrasse la grille, on lève le registre et l'on remet le four en mouvement.	2	12	8
On charge les battitures et les scories de cinglage.	2	20	15
Nouvelle charge de fonte.	2	35	

On arrive ainsi à faire quatre ou cinq charges par journée de douze heures.

Je ne reviendrai pas sur les réactions qui se passent pendant le travail; elles sont les mêmes que dans le puddlage pour fer; mais si l'on remarque que l'affinage se fait au milieu d'un bain de scorie, à l'abri de l'action de l'atmosphère du four qui est sinon réductrice du moins peu oxydante, sur une sole formée de matières peroxydées qui disparaissent peu à peu et qu'il faut remplacer successivement, on reconnaît une fois de plus que la presque totalité de l'action oxydante provient de la sole; le choix des matières qui composent cette sole acquiert par là une importance capitale dans le puddlage pour acier, parce

que l'effet des impuretés se fait bien mieux sentir encore dans l'acier que dans le fer.

Essais comparatifs. — Le tableau suivant résume le travail d'un four pendant la semaine des premiers essais (six jours et cinq nuits) :

Four Pernot.

Journées de four.	Nombre de charges.	CONSOMMATIONS. Fonte.	Minerai.	Crasse fine.	Houille.	ACIER produit.	MISE AU 00/00. Fonte.	Minerai.	Crasse fine.	Houille.
		kilog.	kilog.	kilog.	hectol.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	hectol.
$0^j,9^h$	4	2.400	»	225	31	2.406	997	»	93	12,87
1 ,0	4	2.400	»	300	45	2.425	989	»	124	18,55
$0,9^h$ 1/2	4	2.400	820	240	33	2.440	983	336	98	13,52
1 ,0	5	3.000	»	300	42	3.061	980	»	98	13,73
1 ,0	4	2.400	»	300	38	2.381	1.008	»	126	15,97
1 ,0	4	2.400	»	300	45	2.329	1.031	»	129	19,32
1 ,0	4	2.400	»	300	45	2.338	1.025	»	128	19,25
1 ,0	4	2.400	»	300	42	2.393	1.003	»	125	17,55
1 ,0	4	2.400	»	300	42	2.328	1.031	»	129	18,05
1 ,0	5	3.000	810	300	39	2.937	1.022	276	102	13,27
1 ,0	4	2.400	»	300	42	2.333	1.027	»	128	18,00
$10^j,6^h$ 1/2	46	27.600	1.630	3.165	444	27.371	1.008	60	116	16,22

Comme on le voit par les chiffres de ce tableau, le déchet est faible; plusieurs charges ont même rendu un poids d'acier plus grand que celui de la fonte employée.

La production moyenne journalière (douze heures) d'un four s'élève à 2.596 kilogrammes d'acier brut.

La consommation de houille est de $16^{hect},22$, soit 1.411 kilogrammes pour 1.000 kilogrammes d'acier brut.

— Dans les fours ordinaires, le travail des mêmes fontes avait donné à l'usine de Saint-Chamond les résultats suivants :

Production journalière d'un four (12 heures). .		1.030	kilog.
Mise au 00/00. . .	Fonte.	1.039	—
	Riblon..	52	—
	Houille.	1.753	—

—La comparaison des prix de revient spéciaux de la tonne d'acier brut peut dès lors s'établir ainsi qu'il suit (*) :

		FOUR PERNOT.		FOUR ORDINAIRE.	
		Quantités.	Valeur.	Quantités.	Valeur.
		kilog.	francs.	kilog.	francs.
Matières.	Fonte.	1.008	191,52	1.039	197,41
	Riblon.	»	»	52	10,40
	Minerai.	60	2,16	»	»
	Crasse fine. . .	116	2,30	»	»
	Houille.	1.411	25,40	1.753	31,55
			221,38		239,36
		Journées.		Journées.	
Main-d'œuvre.	Puddleur. . . .	0,76	6,08	0,96	7,68
	Aide-puddleur.	0,76	3,04	0,96	3,84
	Chauffeur. . . .	0,38	1,14	»	»
	Machiniste. . .	0,38	0,76	»	»
			11,02		11,52
Totaux.		. . . .	232,40	. . . .	250,88

L'économie réalisée par l'emploi du four Pernot serait donc de 18f,48 par tonne. Cette économie porte surtout sur la consommation de fonte et de houille; elle provient aussi de la suppression de l'emploi des riblons; la main-d'œuvre est presque la même.

— Des essais à la traction ont été faits sur les aciers produits au four Pernot et sur ceux qui ont été fabriqués au four ordinaire; les éprouvettes étaient prises dans les barres plates de 100 sur 12 millimètres; ces barres provenaient d'acier brut corroyé à deux chaudes et laminé ensuite. Quatre essais ont été faits sur l'acier de chaque provenance; les tableaux suivants donnent les résultats de ces essais :

(*) En comptant les éléments aux mêmes prix que page 82.

FOUR PERNOT.			
Numéro de l'essai.	Dimensions en millimètres.	Charge de rupture par millimètre carré.	Allongement p. 100.
		kilog.	
1	30 × 12	66,6	15,0
2	32 × 12	59,9	12,5
3	31 × 12	61,2	13,0
4	31 × 12	63,4	13,5
»	»	62,8	13.5

FOUR ORDINAIRE			
Numéro de l'essai.	Dimensions en millimètres.	Charge de rupture par millimètre carré.	Allongement p. 100.
		kilog.	
1	30 × 12	66,6	14,0
2	30 × 12	64,8	13,0
3	30 × 12	69,4	12.0
4	30 × 12	66,6	15,0
»	»	66,8	13,5

On voit par là que les produits du four Pernot sont inférieurs à ceux du four ordinaire; à égalité de douceur, c'est-à-dire pour un même allongement, ils ont donné une résistance de 4 kilogrammes de moins par millimètre carré. Cela n'a rien de surprenant si l'on songe que le travail dont j'ai donné les résultats est tout à fait dans la période des essais (puisque actuellement on n'a encore puddlé pour acier au four Pernot que pendant une semaine), et que jusqu'ici le puddlage pour acier s'est toujours fait en bain de scorie sur sole de riblon, ou sur sole de fonte refroidie par un courant d'eau; l'emploi du minerai et des battitures ou crasses fines est une innovation; la réaction est plus rapide et par suite le travail est plus difficile à conduire; peut-être aussi la diminution constatée dans la résistance du produit tient-elle à la qualité des battitures. Je le répète, on ne saurait apporter trop de soin dans le choix de ces battitures et du minerai de garnissage, puisque ce sont ces matières seules, ou à peu près, qui réagissent sur la fonte.

Quoi qu'il en soit, il paraît certain que le four Pernot, avec son garnissage ordinaire bien choisi, pourra servir avec avantage au travail de l'acier.

III. — FABRICATION DE L'ACIER FONDU.

Description du four. — Le four à fondre l'acier ne diffère du four Martin-Siemens ordinaire qu'en ce que la sole fixe de ce dernier est remplacée par une sole circulaire mobile autour d'un axe incliné et portée sur un chariot (Pl. IV, *fig.* 1 à 5).

Le mécanisme de la sole est identique à celui du four à puddler ; je ne reviendrai pas sur sa description ; l'arbre est incliné de 5 à 6 degrés sur la verticale ; la vitesse de rotation est de trois tours par minute ; le chariot porteur roule sur des rails situés au niveau du sol (*) ; la voûte du four est surélevée pour qu'il en soit ainsi ; cette voûte est supportée aux extrémités par les massifs des carneaux de gaz et d'air, et sur les côtés par la plaque de fonte P, qui présente à son centre une ouverture circulaire correspondante à la sole ; cette plaque est encastrée dans les massifs des carneaux ; elle est recouverte de briques afin qu'aucune de ses parties ne soit en contact avec les flammes ; la sole mobile vient affleurer sa face inférieure ; le joint est fermé autant que possible avec du sable sec ; cette fermeture est tout à fait suffisante ; les flammes ne tendent pas à sortir ni l'air extérieur à rentrer ; il s'établit un équilibre très stable ; ce qui le prouve, c'est que si parfois on aperçoit une légère fumée qui sort par le joint, elle n'est pas persistante et disparaît rapidement sans qu'il y ait appel d'air sensible, car le sable sec déposé sur le bord de la cuve reste en place et n'est pas attiré vers l'intérieur.

(*) La seule différence qui existe entre ce chariot et celui du four à puddler consiste dans une cinquième roue qui est placée en Q au-dessous du massif de fonte portant les coussinets de l'arbre moteur ; le poids considérable du massif demandait cette adjonction nécessaire à la stabilité du mécanisme.

La sole mobile est formée d'une cuve à fond de tôle et à parois composées de douelles de fonte fixées à la tôle par des boulons à clavette et reliées entre elles à leur partie supérieure par un cercle de fer; on applique contre ces douelles un rang de briques réfractaires ; le garnissage de la sole est achevé avec du sable réfractaire battu.

Les dimensions indiquées par les figures de la Pl. IV sont celles du four dans lequel on peut produire 5.000 kilogrammes par charge ; on a construit à Saint-Chamond un four pouvant fondre 10.000 kilogrammes par charge ; le diamètre de la sole et la longueur du four ont 50 centimètres de plus que dans le précédent ; la largeur est la même ; seulement le four est renflé au milieu de 25 centimètres sur chaque paroi.

Les plaques d'armature sont en tôle et sont rivées l'une à l'autre ; de cette façon, on n'a pas à craindre les ruptures si fréquentes qui se produisent quand on emploie des plaques de fonte.

Le prix d'installation d'un appareil pour 5.000 kilogrammes de charge est de 30.000 francs environ, y compris la machine motrice.

Marche du travail. — Lorsque le four est prêt pour la charge, on met la sole en mouvement ; on introduit ensuite la fonte préalablement chauffée au rouge ; on termine en chargeant d'un seul coup et à froid tous les bouts de rails et fers que l'on doit ajouter à cette fonte ; l'opération entière de la charge, pour une production de 5.000 kilogrammes, dure un quart d'heure environ ; un petit chariot mobile, sur lequel monte le fondeur, permet d'atteindre à la hauteur de la porte de travail et d'effectuer cette charge commodément.

Le four est ensuite abandonné à lui-même ; les matières s'échauffent et bientôt la fonte commence à fondre ; lorsqu'elle est fondue, elle se tient constamment dans la partie

la plus basse de la sole, au devant de la porte de travail; les matières solides, au contraire, sont entraînées dans le mouvement de la sole, pénètrent dans le bain de fonte et en ressortent tour à tour en produisant ainsi une agitation relative; leur température reste toujours très-élevée, puisque à chaque tour elles sont ramenées au contact des flammes; elles se dissolvent très-vite dans le bain de fonte et la charge entière est rapidement fondue; quoique tout le fer soit ajouté à la fois, jamais il ne reste de carcasses ferreuses sur la sole; la fusion est toujours bien complète.

Pendant que cette fusion s'opère, le mouvement de la sole amène un renouvellement continuel des surfaces en contact avec l'atmosphère du four; l'affinage des matières fondues se fait beaucoup plus rapidement que si ce mouvement n'existait pas, et sans qu'il soit nécessaire de brasser la masse; l'agitation qui résulte de ce mouvement a en outre pour effet de rendre le métal fondu bien homogène, résultat qui n'est pas sûrement atteint dans un four à sole fixe.

On continue l'opération jusqu'à ce que l'affinage soit complet et que le métal soit du fer doux; on s'assure que l'on est arrivé à ce point en prenant des éprouvettes successives que l'on martelle, que l'on trempe et que l'on casse; lorsque le degré de douceur voulu est atteint, on ajoute dans le four la quantité de spiegel nécessaire pour obtenir la dureté que l'on veut donner à l'acier fabriqué; ce spiegel est ajouté en morceaux chauffés au rouge; au bout de quelques minutes il est complétement fondu, ce dont on s'assure en promenant un ringard dans la masse; on prend ensuite des éprouvettes et l'on continue à laisser le four en mouvement jusqu'à ce que ces éprouvettes aient les propriétés désirées.

Quand ce résultat est atteint, on arrête la sole du four de façon que le trou de coulée soit situé au point le plus bas et corresponde au chenal qui conduit à la poche de

coulée; on coule en perçant la sole au moyen d'un ringard pointu.

Lorsque tout le métal s'est rendu dans la poche de coulée, on manœuvre cette dernière pour l'amener successivement au-dessus des lingotières; à Saint-Chamond, ces lingotières sont déposées en cercle dans une fosse dont le centre est occupé par un piston hydraulique portant la grue à laquelle est adaptée la poche de coulée; ce piston peut s'élever ou s'abaisser à volonté et tourner sur lui-même; la poche est également mobile autour d'un axe horizontal; on peut ainsi l'amener au-dessus de chaque lingotière dans la position voulue pour la coulée de chaque lingot.

Pour nettoyer la sole, on débouche complétement l'ouverture pratiquée dans la douelle spéciale qui porte le trou de coulée (*fig.* 5, Pl. IV), et avec un ringard on fait tomber sur le sol tout le laitier qui reste, ainsi que les morceaux de brique qui ont pu se détacher du four et tomber dans le bain pendant l'opération; on jette ensuite quelques pelletées de sable que l'on répand sur le fond de la sole; on referme l'ouverture de coulée, puis on remet le mécanisme en marche pendant quelque temps pour réchauffer le four qui est alors prêt pour une nouvelle opération.

On arrive régulièrement à fondre cinq charges en vingt-quatre heures.

Quand une réparation devient nécessaire, on arrête le gaz et l'on retire le chariot mobile de dessous la voûte; le four se refroidit avec une grande rapidité, et, après quelques heures, les ouvriers peuvent pénétrer sous la voûte et travailler sans être trop incommodés par la chaleur; les réparations se font ainsi avec une grande facilité et n'exigent aucun chômage prolongé; peut-être la solidité du four se ressent-elle un peu de ce que le refroidissement est aussi rapide; cependant on n'a pas remarqué à Saint-Chamond que cette solidité fût mise en péril; avec de bonnes arma-

tures et une construction simple et soignée, on ne peut d'ailleurs avoir de craintes bien sérieuses à cet égard.

Résultats de fabrication. — Le tableau suivant résume le travail d'un four à fondre pendant cinq jours consécutifs; les produits obtenus sont des lingots pour rails.

Numéros des charges.		Matières premières.			Total.	Houille.		Produits en lingots.
		Fonte de Givors.	Rognures de rails d'acier.	Spiegel de Toga (Corse).		Gazogènes.	Fours à réchauffer.	
		kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	hectol.	hectol.	kilog.
	1	1.150	2.750	450	4.350			3.939
	2	1.200	2.800	320	4.320			4.082
1	3	1.150	2.950	400	4.500	84	18	4.208
	4	1.150	3.000	300	4.450			4.161
	5	1.150	3.200	350	4.700			4.367
	1	1.150	3.350	300	4.800			4.454
	2	1.150	3.200	500	4.850			4.551
2	3	1.150	2.900	450	4.500	84	17	4.150
	4	1.200	3.050	450	4.700			4.419
	5	1.200	3.000	500	4.700			4.312
	1	1.200	3.050	450	4.700			4.635
	2	1.200	3.350	300	4.850			4.750
3	3	1.000	3.300	350	4.650	88	18	4.618
	4	1.000	3.300	450	4.750			4.551
	5	1.000	3.300	450	4.750			4.233
	1	1.250	3.300	500	5.050			4.815
	2	1.000	3.300	600	4.900			4.376
4	3	1.100	3.300	350	4.750	86	18	4.404
	4	1.100	3.250	500	4.850			4.498
	5	1.100	3.250	450	4.800			4.482
	1	1.150	3.100	450	4.700			4.612
	2	1.150	3.250	300	4.700			4.452
5	3	1.150	3.250	350	4.750	90	18	4.448
	4	1.200	3.250	300	4.750			4.569
	5	1.150	3.250	500	4.850			4.702
5	25	28.400	78.950	10.320	117.670	432	89	110.788

Il résulte de ce tableau que la production journalière (douze heures) d'un four est de 11.078 kilogrammes de lingots et que pour 1.000 kilogrammes de lingots produits on a consommé :

- Matières premières. — 1.062 kilog.
  - Fonte. 256
  - Bouts de rails. . . . 713
  - Spiegel. 93
- Houille. . . . . — 408 kilog.
  - pour gazogènes. . . 339
  - p^r fours à réchauffer. 69

Une autre période de cinq jours avait donné précédemment les résultats suivants :

Production journalière d'un four (12 heures). 10.117 kilog.

Consommations :

Matières premières.	Fonte.	278	1.066 kilog.
	Bouts de rails. . . .	691	
	Spiegel.	97	
Houille.	pour gazogènes. . .	353	424 kilog.
	p^r fours à réchauffer.	71	

Comparaison du four Pernot et du four Martin-Siemens. — Les fours Martin-Siemens ordinaires, employés à l'usine de Saint-Chamond, avaient produit en moyenne par four et par journée de douze heures, pendant les mois de juin et de juillet 1873, 5.700 kilogrammes de lingots ; les consommations pour 1.000 kilogrammes de lingots avaient été de 1.105 kilogrammes de matières premières et de 770 kilogrammes de charbon pour gazogènes et fours à réchauffer.

— A l'usine de Terrenoire, il y a continuellement quatre fours Martin-Siemens en activité ; chaque four fait trois charges par vingt-quatre heures. Le travail des mois de janvier et mars 1874, pendant lesquels on a fabriqué des lingots pour rails, se résume comme il suit (*) :

		JANVIER.		MARS.		MOYENNE.	
Production journalière (12 heures) d'un four.			kilog. 5.825		kilog. 5.890		kilog. 5.857
Consommations pour 1.000 kilog. de lingots :		kil.	kilog.	kil.	kilog.	kil.	kilog.
Matières premières.	Fonte.	194	1.069	245	1.063	220	1.066
	Bouts de rails et fer.	774		722		748	
	Spiegel.	97		92		94	
	Ferro-manganèse.	4		4		4	
Houille. . .	pour gazogènes.	659	959	640	836	650	898
	pour fours à réchauffer. . . .	300		196		248	

(*) Renseignements communiqués par M. Euverte, Directeur des usines de Terrenoire.

En prenant comme point de comparaison la marche des fours Martin-Siemens de Terrenoire qui est tout à fait satisfaisante, on voit que le four Pernot présente sur eux des avantages considérables.

La production journalière est sensiblement doublée, ce qui diminue de près de moitié la dépense de main-d'œuvre et de premier établissement.

La consommation de matières premières est un peu plus faible.

La quantité de charbon brûlé est réduite de plus de moitié.

En ne considérant que ce dernier avantage, l'économie réalisée par l'emploi du four Pernot, rapportée à 1.000 kilogrammes de lingots, peut s'établir ainsi :

Houille pour gazogènes, 311 kilog. à 22 francs. . .	6f,84
Houille pour fours à réchauffer, 179 kilog. à 18 fr. .	3f,22
Total.	10f,06

Cette économie considérable tient à l'emploi du mécanisme qui, en facilitant la dissolution du fer dans la fonte, réduit la durée de la fusion de plus de moitié, et à ce que la fonte et le spiegel seuls sont chauffés avant d'être chargés, tandis qu'au four Martin-Siemens il faut en outre chauffer les bouts de rails et fers employés.

On peut dire en outre que les produits du four Pernot sont toujours bien homogènes ; enfin, par suite de la facilité avec laquelle on retire la sole et de la rapidité du refroidissement, les réparations dont ce four peut avoir besoin se font aisément et sans grande perte de temps.

Traitement de la fonte seule au four Pernot. — On a essayé à Saint-Chamond d'affiner la fonte seule au four Pernot ; on n'a fait qu'une seule charge de 5.000 kilogrammes. L'affinage a marché régulièrement et rapide-

ment; on est allé jusqu'à obtenir des éprouvettes de fer doux; on a recarburé avec du spiegel comme à l'ordinaire, et l'on a coulé des lingots qui ont été laminés en rails et ont donné des produits de bonne qualité; l'opération entière n'a pas duré six heures. Par suite de la nécessité où l'on se trouvait de fabriquer rapidement pour terminer une commande pressée, on n'a pas poussé plus loin les essais.

Dans ces derniers jours, on a repris les essais avec des fontes grises d'Allevard (fontes au coke provenant de minerais spathiques seuls); l'opération a duré cinq heures environ, et l'on a obtenu de bons résultats; on a ajouté par-dessus le bain de fonte une certaine quantité de battitures de bonne qualité (7 à 8 p. 100); l'affinage s'est fait alors très-régulièrement; on croit à Saint-Chamond qu'il est nécessaire d'ajouter dans le four des matières oxydées pour commencer la réaction; celle-ci se continuerait ensuite toute seule, par suite de la formation directe d'un peu d'oxyde à la surface du bain et du mélange intime de cet oxyde avec la fonte; l'agitation due à la fois au dégagement gazeux résultant de la réaction et au mouvement de rotation de la sole suffit pour produire ce mélange intime. A la suite de ces essais, l'usine d'Allevard a traité pour l'emploi du four Pernot.

Ces premiers résultats sont très-encourageants; un seul four pourrait affiner 20 tonnes de fonte par vingt-quatre heures, c'est-à-dire que deux ou trois fours suffiraient pour transformer en acier la production entière d'un haut fourneau ordinaire; si l'on réfléchit à la dépense considérable nécessitée par l'installation d'un appareil Bessemer, on est très-frappé de l'avantage que présenterait à ce point de vue son remplacement par un certain nombre de fours Pernot. Quoi qu'il en soit, même en supposant que son emploi doive toujours se réduire à la fabrication de l'acier au moyen d'un mélange de fonte et de débris de fer ou d'acier, le four Pernot doit être considéré comme ayant apporté à

cette fabrication deux perfectionnements très-importants : une rapidité deux fois plus grande dans le traitement et une réduction de moitié dans la consommation du combustible.

LÉGENDE EXPLICATIVE DES PLANCHES.

Pl. III. — *Four à puddler.*

Fig. 1. Coupe longitudinale du four, montrant les dispositions de la sole tournante et de la chauffe.

Fig. 2. Coupe horizontale. Le dispositif de la sole tournante et du chariot porteur est indiqué en pointillé.

Fig. 3. Coupe transversale de la chauffe.

Fig. 4. Coupe transversale du laboratoire, montrant l'inclinaison de l'axe de la sole tournante.

Fig. 5. Crochet de brassage.

Fig. 6. Ringard servant au brassage quand le fer commence à prendre nature.

Fig. 7. Ringard servant à retourner et à découper le gâteau de fer formé.

Fig. 8. Spadelle recourbée pour répartir convenablement la scorie pâteuse à la surface de la sole.

Fig. 9 et 10. Projections verticale et horizontale de la moitié de la plaque de fonte M qui supporte la voûte du laboratoire.

Fig. 11. Coupe de la pièce d'assemblage des deux parties de la plaque de fonte M.

Fig. 12 et 13. Projections horizontale et verticale du banc de fonte de la porte de travail voisine du rampant.

Fig. 14 et 15. Projections horizontale et verticale du banc de fonte de la porte de travail voisine de la chauffe.

Pl. IV. — *Four à fondre l'acier.*

Fig. 1. Coupe horizontale du four, indiquant les dispositions de la sole tournante, du chenal de coulée, de la poche de coulée et des lingotières dans la fosse circulaire. La partie en pointillé à gauche représente le chariot porteur et la sole retirés de dessous la voûte du four.

Fig. 2. Coupe horizontale du four.

Fig. 3. Coupes horizontales du four et plan de la transmission entre la machine motrice et la sole mobile.

Fig. 4. Plan, élévation et coupe d'une douve de la cuve qui forme la sole mobile.

Fig. 5. Plan, élévation et coupe de la douve qui porte l'ouverture de coulée.

REMARQUES
SUR
LE MINERAI D'ÉTAIN DÉTRITIQUE DU CORNWALL

Par William Jory Henwood, F. R. S., F. G. S. (*)

Traduction, par extraits, par M. ZEILLER, ingénieur des mines.

Les dépôts détritiques de minerai d'étain du Cornwall et du Devonshire ont été exploités depuis une époque très-reculée et sont aujourd'hui bien près d'être complétement épuisés. Ils ont été l'objet de descriptions nombreuses; sur quelques-uns d'entre eux les travaux sont encore poursuivis, et c'est à ceux-ci que se rapporte la majeure partie des détails qui vont suivre.

Entre le Land's End et Saint-Ives, le granite et les schistes qui sont en contact avec lui au nord et au nord-est sont traversés par des veines métallifères (filons) ; mais le nombre, la direction et les caractères minéralogiques de ces filons varient dans les différentes parties du district. Vers le sud, ils sont plus pauvres et moins nombreux que partout ailleurs; l'une des mines ouvertes dans cette région a cependant produit une certaine quantité de minerai d'étain fibreux (*étain de bois*). La région centrale est plus productive, et sur un point au moins, le minerai d'étain, non-seulement forme un nombre infini de veines minces, mais il est si généralement répandu qu'il constitue pour ainsi dire un des éléments de la roche. Vers le nord et le nord-ouest cependant, on a exploité et l'on exploite encore avec profit un grand nombre de filons riches; dans quel-

(*) Le mémoire de M. Henwood a paru en 1873, dans le n° XV du *Journal of the Royal Institution of Cornwall.*

ques cas, il se détache des filons des ramifications d'une longueur considérable, mais encore indéterminée, de largeur irrégulière et d'une hauteur assez faible, mais variable aussi (*carbonas*); dans une localité, on a rencontré au milieu du granite des amas métallifères de dimensions énormes tout à fait indépendants. Dans toute l'étendue du district, le minerai d'étain a été le produit principal, mais çà et là, et de temps à autre on a trouvé du minerai de cuivre en abondance. Plusieurs mines ont fourni aussi d'autres minerais métalliques, mais en quantités beaucoup plus faibles. Sur plusieurs points, au fond d'une vallée ou dans les dépressions du sol, on a trouvé, à une profondeur variable de 1 à 5 ou 6 mètres, des dépôts de minerai d'étain détritique (minerai d'*alluvion*) ; ces dépôts reposent sur la roche en place, qui, le plus souvent, est le granite : ils sont composés de fragments plus ou moins anguleux, parfois arrondis, de granite et de minerai d'étain; on y trouve fréquemment du quartz et des morceaux de roches de remplissage de filon. Leur épaisseur n'est parfois que de quelques pouces, mais parfois aussi elle atteint 2 et 3 mètres. Ils sont recouverts d'un lit de sable et de gravier granitique renfermant souvent des fragments légèrement anguleux ou des galets de granite et parfois de gros blocs de cette roche; on y a rencontré également des débris de roches de remplissage de filon. Le lit sableux est surmonté, soit par de la terre végétale, soit par de la tourbe; quelquefois il renferme des bancs de tourbe intercalés. A Tregilsoe, le dépôt de minerai repose sur les schistes; il est divisé en deux parties par un mince lit d'argile; la partie supérieure renferme des blocs anguleux de schiste, de quartz, de roches de filons et des grains de minerai d'étain. Dans la partie inférieure, les galets de schiste dominent et l'on trouve fréquemment des nodules de porphyre feldspathique (elvan); le quartz est moins abondant et se montre en plus petits fragments.

Le dépôt est recouvert d'une couche de tourbe de 2 mètres de puissance.

La petite masse de granite qui s'étend de Godolphin-Hill à la mer est coupée, ainsi que les schistes qui la bordent vers l'intérieur et les elvans qui traversent ces deux roches, par de nombreux filons dont la direction est en moyenne E. 16° N. Quelques-uns d'entre eux ont donné du minerai de cuivre, mais tous les autres se sont montrés et se montrent encore riches en étain, ce qui fait de ce district l'un des plus productifs du Cornwall. Vers le sud, on retrouve quelques traces d'anciens travaux des dépôts d'alluvion. Du côté du nord, du nord-est et du nord-ouest, on a reconnu dans le lit de certains ruisseaux des dépôts de minerai recouverts de tourbe et de gravier.

Le plus oriental des deux grands massifs granitiques de l'ouest du Cornwall s'étend de Prospidnick et Nancegollan à l'ouest jusqu'à Ponsnooth et Budock à l'est, et des environs de Polwheverell au sud jusqu'à Wheal Buller au nord. Bien que séparée à la surface par la formation schisteuse, la petite chaîne de Carn Brea et Carn Entral, et de même la colline de Carn Marth, se relient probablement au massif principal à une profondeur peu considérable. Dans le granite et dans les schistes pénètrent de larges dykes de porphyre feldspathique qui parfois, mais rarement, renferment du minerai d'étain. Toutes ces roches sont traversées par des filons dont la direction moyenne est E. 20° N.; mais dans les mêmes mines on rencontre d'autres filons (*caunter-lodes*) dirigés à peu près N.-E.-S.-O. Vers la limite méridionale du granite, le minerai d'étain est le seul produit des mines; vers l'est, il ne prédomine que près de la surface, tandis qu'au-dessous on trouve du minerai de cuivre; enfin sur le bord septentrional du massif, les minerais cuivreux abondent à une profondeur intermédiaire, le minerai d'étain se montrant en abondance au-dessus et au-dessous d'eux. Les parties marécageuses du sol, près

de Carn-Wartha, de Mean Vroaz, de Lezerea, de Carth-Vean, ont été depuis une époque reculée le siége de travaux pour l'extraction de minerai d'étain d'alluvion; ces dépôts ne sont pas encore entièrement épuisés, quoique leur production ait considérablement diminué. Ils présentent les mêmes caractères que ceux qui ont déjà été mentionnés; ils sont recouverts de sable granitique et le granite sur lequel ils reposent est coupé d'un certain nombre de veines quartzeuses imprégnées de minerai d'étain. Près de Tregedna, le dépôt de minerai repose sur les schistes; il est très-peu épais et excessivement pauvre, et recouvert de 6 à 10 mètres de terres végétales et de limon (*silt*) durci. Le dépôt détritique exploité entre Higher Carnon et Restronguet-Creek est le plus considérable que l'on ait rencontré. La surface du sol étant sur plusieurs points plus basse que le niveau de la haute mer, l'exploitation se fait alors par galeries souterraines. La coupe du terrain présente la disposition suivante :

Couches de sable et vase mêlés, atteignant de 2 à 5 mètres d'épaisseur et renfermant sur quelques points des débris de différentes roches et de remplissage de filons, provenant de la partie supérieure de la vallée, avec des fragments arrondis des schistes et des granites du voisinage.

Couche de limon dur, plus ou moins fin, de 15 à 17 mètres de puissance, renfermant dans certaines parties des huîtres et autres coquilles et dans d'autres des feuilles, des fruits et divers débris végétaux dont la décomposition a parfois donné lieu à des dégagements de gaz inflammable et à de légères explosions.

C'est au-dessous de ce limon qu'on rencontre le dépôt stannifère dont l'épaisseur varie entre $0^m,50$ et 2 mètres; il est formé d'un mélange de blocs plus ou moins anguleux de granite, de schiste, de quartz, de schiste quartzeux et de roches de remplissage de filons, dans lequel le minerai se trouve disséminé sous forme de grains plus ou moins

renfermant des fragments plus ou moins anguleux de granite, de quartz et de diverses roches de filons, avec des grains d'étain oxydé; leur épaisseur varie de 1 à 5 mètres. Ils sont recouverts de couches de sable et gravier granitique, renfermant encore des fragments de différentes roches et quelquefois même un peu d'étain, et alternant sur plusieurs points avec de la tourbe dans laquelle on trouve des feuilles, des branches et des fruits de différents arbres et arbustes, noisetier, bruyère, aulne et chêne.

Sur d'autres points, près de Lanlivery, les dépôts stannifères reposent sur l'argile; ils sont formés de fragments plus ou moins anguleux de quartz et de feldspath, mêlés d'argile et de sable granitique; le minerai est tantôt en masses arrondies, tantôt en cristaux, soit brisés, soit complets. Par-dessus sont des dépôts d'argile granitique et de tourbe.

Les gisements du Tregoss-moor sont voisins vers le nord du granite de Castle-an-Dinas et de Belovely Beacon, et vers le sud de la grande chaîne du centre est, mais ils ne les atteignent pas. Ils sont limités au nord-nord-est et au nord-nord-ouest par de légères ondulations de terrains, et se trouvent tout entiers dans les schistes; mais en bien des points la roche est si tendre qu'on y retrouve à peine la structure schisteuse, et en fait elle n'est, en grande partie, que de l'argile lamellaire. Le schiste est traversé par plusieurs dykes porphyriques (*elvan-courses*), dont l'un est à ses *affleurements* imprégné de minerai d'étain. Des filons ont été le siége de quelques travaux sur divers points des environs, mais sans grand succès.

Les dépôts détritiques d'étain sont recouverts ici par une couche composée de morceaux de schiste argileux légèrement micacé, de quartz, de roches à tourmaline et de roches de remplissage de filon; quelquefois on y trouve du granite et des fragments d'elvan. La couche stannifère a presque exactement la même composition, sauf la pré-

sence du minerai qui se montre, soit en grains arrondis, soit en petits cristaux plus ou moins intacts. Elle repose sur le schiste argileux et en certains points sur l'elvan.

A Porth près St-Columb-Minor, sur le canal de Bristol, les couches qui recouvrent le minerai d'étain sont formées de sables et de graviers alternant avec de la tourbe; on y a trouvé des restes de végétaux, des bois de daim et des cornes de bœuf sauvage. Dans des haldes laissées par les anciens, on a découvert une fibule en bronze et une marmite d'étain avec son couvercle.

Au quatorzième siècle, plus des deux tiers du minerai d'étain extrait dans le Cornwall provenaient de ce district, et, pour la plus grande partie sans doute, des dépôts détritiques. Aujourd'hui la production est relativement insignifiante.

On a trouvé sur plusieurs points de l'or mélangé avec le minerai d'étain, mais en très-petite quantité, et l'on peut supposer qu'il en existe dans tous les dépôts stannifères un peu étendus; il est probable seulement que la petitesse des paillettes et l'inexpérience des ouvriers le font très-souvent passer inaperçu.

Le district oriental est limité d'un côté par la Fowey et la Camel et quelques-uns de leurs affluents, et de l'autre par le Devonshire. Il renferme la grande chaîne granitique, la plus élevée du Cornwall, qui s'étend des environs de Cardinham-bury au sud-ouest jusqu'au delà de Brea-in-Alternun au nord-est, et de Greylake près Camelford au nord-ouest jusqu'à Stanton, paroisse de Saint-Cleer, au sud-est, sans compter d'autres massifs analogues à Kit-Hill et à Gunnis-Lake sur la Tamar. Des schistes, appartenant peut-être à plus d'une époque, recouvrent généralement le granite comme un manteau, et des veines ou des lits de cette dernière roche pénètrent parfois ou s'intercalent entre leurs plans de clivage. Sur un point au moins, une masse considérable de schistes, probablement peu épaisse,

est complétement entourée de granite. Des porphyres feldspathiques et quartzifères traversent le granite et le schiste sous forme de larges dykes, ou se présentent dans le granite en masses isolées. Enfin des roches feldspathiques ou amphiboliques apparaissent quelquefois dans le schiste, et quelquefois y sont interstratifiées.

Le granite, le schiste, l'elvan et les roches amphiboliques sont traversés tous par des filons, coupés eux-mêmes ainsi que les roches encaissantes par des croiseurs (*cross-veins*). Les filons qui renferment des minerais de cuivre et d'étain courent généralement est quelques degrés nord, et les croiseurs (qui sont rarement productifs aux intersections) sont dirigés nord-sud ou nord-ouest-sud-est. Mais les filons plombifères et argentifères ont d'ordinaire une direction voisine du méridien, et sont croisés par des veines stériles. Filons et croiseurs en général, et bien qu'il y ait plusieurs exceptions, plongent vers le massif granitique le plus voisin.

Sur plusieurs points on retrouve la trace d'anciens travaux qui ont porté sur des dépôts dits d'alluvion. Près d'Alternun, ces dépôts sont recouverts de masses anguleuses ou arrondies de granite, de quartz et de roches à tourmaline, mêlées d'argile feldspathique; ils sont formés eux-mêmes d'éléments semblables; le minerai y est en grains arrondis et parfois en cristaux ; ils reposent sur un granite à gros grains. On a quelquefois trouvé des parcelles d'or mêlées au minerai d'étain.

Nous allons maintenant indiquer les diverses relations qui existent entre les dépôts détritiques et la disposition hydrographique du sol du Cornwall, montrer en quoi leurs caractères minéralogiques se rapprochent ou s'écartent de ceux des roches sur lesquelles ils reposent et des autres formations du voisinage, quelles sont les conditions méca-

niques du dépôt stannifère dans les différents districts, décrire les couches qui les recouvrent, passer en revue les restes organiques qu'elles renferment, et mentionner les hauteurs auxquelles on trouve des détritus stannifères disséminés sur le sol.

I. **La ligne de partage des eaux du Cornwall** présente plusieurs inflexions considérables; mais, sauf deux portions de peu d'étendue, elle est beaucoup plus voisine de la côte nord que de la côte sud. La vitesse des courants d'eau étant proportionnelle à l'inclinaison de leurs lits, ceux qui ont la même chute avec un moindre parcours seront d'ordinaire les plus rapides, tandis que ceux qui reçoivent les eaux de bassins plus étendus auront un plus grand volume. Les petits ruisseaux, relativement rapides, qui tombent directement dans le canal de Bristol ont ainsi une puissance de dégradation et de transport plus grande que les cours d'eau plus importants qui se rendent dans la Manche. Les premiers déposent dans leur lit et sur leurs bords une faible proportion des matières détritiques qu'ils tiennent en suspension, mais quand ils arrivent au niveau de la mer et rencontrent le flot, ils se trouvent arrêtés; les matières solides tombent au fond et forment à l'entrée de chaque estuaire des bancs de sable qui, à Hayle, à Padstow et dans quelques criques intermédiaires moins importantes, font obstacle à la navigation. La Camel, la plus longue des rivières du nord, ne peut guère être comprise dans cette catégorie; sa direction n'est ni normale ni parallèle à celle de la ligne de partage, mais elle reçoit un assez grand nombre d'affluents importants qui viennent directement de la chaîne centrale et modifient son caractère. — Les courants qui naissent du versant sud ont en général un cours plus long, et par suite moins rapide, et comme ils reçoivent les eaux de bassins plus étendus, leur volume est relativement plus considérable. Dans les parties plus

roides de leurs cours, et quand ils traversent des roches un peu désagrégées, ils produisent cependant des érosions et entraînent une certaine quantité de débris; mais dès que la pente diminue, la vitesse et, par suite, la puissance de transport deviennent plus faibles, et une partie des matières en suspension se déposent au fond ou sur les bords du cours d'eau. Lorsque les rivières débouchent dans de larges golfes, comme la baie du mont Saint-Michel ou celle de Tywardreath ou dans des canaux profonds comme à Falmouth et à Fowey, leurs embouchures sont rarement obstruées par des bas-fonds. Mais les barres de sable qui, sur une plus ou moins grande étendue, ferment l'entrée de toutes les criques du nord, ne doivent pas être regardées comme ayant pris leur forme normale sous la seule action de la mer : à peine sont-elles découvertes par le flot que les particules les plus fines commencent à s'envoler, même sous la simple influence d'une brise ordinaire ; quand le vent souffle fort, le sable s'enlève en nuages et va recouvrir à une grande distance à l'intérieur des étendues de terrain considérables. On a cependant depuis quelques années réussi à arrêter ces effets désastreux en plantant les dunes en roseaux.

II. **Les caractères minéralogiques des dépôts stannifères**, des roche sur lesquelles ils reposent (*shelf*) et des couches avoisinantes ont été indiqués plus haut, mais nous allons les résumer.

(*a*) *Parties stériles du dépôt stannifère.* — Lorsque le dépôt stannifère se trouve loin à l'intérieur de la limite des formations dont il dérive, les éléments qui le composent ressemblent tellement à ceux de ces formations qu'il est impossible d'arriver à reconnaître exactement de quelles roches et de quelles veines proviennent les détritus. Quand le dépôt est au voisinage de la jonction de différents terrains, les débris de la roche qui est immédiatement au-des-

sous dominent toujours, et parfois même se montrent à l'exclusion de tous autres. En général cependant les fragments sont intimement mêlés, mais pas toujours, sans doute, dans les mêmes proportions. Ceci cependant n'est pas absolu, car à Carnon la partie inférieure et la partie supérieure présentent parfois des matières minérales de nature différente.

(*b*) *Éléments métalliques du dépôt stannifère.* — Ils comprennent plusieurs sortes de minerais, tels que de la blende, du cuivre, mais seulement sous forme de pyrite, et différentes espèces de minerais de fer; mais tous s'y trouvent en moindre quantité et moins fréquemment que dans les filons. La proportion de minerai d'étain dans les dépôts stannifères les plus considérables et les plus riches du Cornwall dépasse à peine celle dans laquelle il entre dans les produits des filons les plus pauvres, une fois triés et prêts à être passés au bocard. Il n'entre pas dans le cadre de cette étude de rechercher si les substances auxquelles ce minerai est associé dans les filons se sont trouvées séparées lorsqu'il est passé de son premier gisement à sa position actuelle, ou si les impuretés, plus légères et plus altérables, ont été depuis entraînées en suspension ou en dissolution; mais il est reconnu depuis longtemps que le métal (*grain-tin*) retiré du minerai d'alluvion est de meilleure qualité que celui qu'on extrait du minerai des mines.

(*b* 1) *On a trouvé de l'or dans les détritus stannifères du Cornwall*, mais en si faible quantité que la teneur en or échappe à toute appréciation.

L'échantillon le plus considérable connu atteignait le poids de 1 once (31 gr.). Une partie de l'or ainsi rencontré s'est présentée en petites pépites, parfois arrondies, en minces paillettes et en filaments capillaires, mais le plus souvent il était en granules cristallins et en poudre. L'or détritique est, comme qualité, aussi supérieur à l'or des mines que l'étain d'*alluvion* est supérieur à l'étain de filons,

du moins dans une même région. L'analyse d'un échantillon d'or trouvé dans les *alluvions* de Saint-Austell a donné :

Or.	90,12
Argent.	9,05
Quartz et oxyde de fer.	0,83
	100,00

Bien qu'on ait rencontré de l'or dans toutes les parties du Cornwall où l'on exploite les alluvions stannifères, l'ensemble de ce qu'on a trouvé n'a pas dépassé le poids de quelques livres, et a été plutôt conservé comme curiosité minéralogique que fondu (*).

III. **Conditions mécaniques du dépôt stannifère.** — On a vu que, dans tous les dépôts, les plus gros blocs portent des marques plus ou moins nettes de frottement et d'attrition. Dans le voisinage immédiat des localités d'où ils proviennent, ils sont, il est vrai, un peu anguleux ou faiblement arrondis, mais à des distances plus considérables, ce sont les formes sphéroïdales qui dominent. Parmi les petits éléments, la plus grande partie est arrondie éga-

(*) Voici, d'après une note manuscrite de M. Henwood, la liste des localités où la présence de l'or a été reconnue dans le Cornwall :

DISTRICTS.	AUTEURS.	OUVRAGES.
Saint-Just.	Carne.	*Corn. Geol. Trans.*, II, p. 332.
Idem.	Henwood. . .	*Ibid.*, V, p. 65.
Wendron.	Henwood. . .	*Journal Royal Instit. Corn.*, XV, p. 13.
Perran.	Francis. . . .	*Gwennap* (poëme), p. 94, note.
Feock (Carnon).	Michell. . . .	*Manual of Mineralogy*, p. 2. *Journal Royal Instit. Corn.*, IV, p. 17.
Kenwyn, Ladock, Probus.	Borlase. . . .	*Natural Hist. of Corn.*, p. 214.
Creed, Saint-Ewe, Saint-Mewan.	Michell. . . .	*Manual of Mineralogy*, p. 2.
Gorran, Saint-Stephens.	Hawkins. . .	*Corn. Geol. Trans.*, I, p. 235.
Saint-Austell, Lanlivery, Lostwithiel.	Knight. . . . Klaproth. . .	*Journal Royal Instit. Corn.*, XV, p. 37. *Mineralogical Observ.*, p. 12.
Idem.	Petherick et Martyn. . .	*Journal Royal Instit. Corn.*, III, p. 13.
Idem.	D. Forbes. .	*Phil. Mag.*, XXXVII, p. 323.
Idem.	Henwood. . .	*Journal Royal Instit. Corn.*, XV, p. 37.
Camelford.	Knight. . . .	*Ibid.*, p. 44.
Cardinham.	Borlase. . . .	*Ibid.*, I, p. 35.
North-Hill.	E. H. Rodd.	*Ibid.*, XV, p. 43.

L. M.

lement ; le reste se compose de fragments anguleux de diverses roches ou de remplissage de filons et de cristaux, soit intacts, soit brisés, d'étain oxydé ; il y a généralement un peu d'or en mélange. Tous les interstices entre ces débris sont remplis de sable et d'argile.

A Levrean le dépôt est divisé horizontalement en deux étages par une couche formée de masses de granite plus ou moins anguleuses, noyées dans du sable granitique (*false shelf*, fausse roche de fond) ; on ne la distingue guère du dépôt stannifère placé au-dessus ou au-dessous que par la moindre fréquence de morceaux de remplissage de filons et par l'absence du minerai. Quand le dépôt est ainsi divisé, la partie inférieure est généralement la plus riche.

IV. **Le lit qui recouvre immédiatement le dépôt stannifère** peut à peine se distinguer de la couche de détritus qui se trouve au-dessous de lui ; les éléments en sont peut-être moins roulés ; en tel ou tel point dans chaque district, on y trouvera des masses de roches stériles beaucoup plus grosses que dans les autres couches ; enfin on n'y trouve pas ou presque pas de minerai d'étain.

V. **Les couches qui succèdent à celle-ci** ont dans les vallées voisines les unes des autres un air de famille ; cependant, à une même profondeur, les éléments n'en sont pas toujours identiques : ainsi, dans une même vallée, ce même lit pourra, à des hauteurs différentes, par exemple au niveau de la mer et dans les parties hautes, se présenter sous des aspects très-différents.

Il semblerait qu'après le dépôt des couches stannifères, il y ait eu des futaies qui aient cru dans le bas des vallées, tandis que dans le haut il n'y avait que des buissons et des taillis, et qu'un changement subséquent dans les niveaux relatifs de la terre et de la mer ait affecté les parties basses sans se faire sentir autant dans les autres.

Il semble aussi que le dépôt de débris stériles ait été interrompu une ou deux fois par une grande formation de tourbe ; mais les deux choses ont pu se produire en même temps ou à de courts intervalles, car sur un point au moins on trouve dans la tourbe des lits de fin sable granitique aussi minces qu'une feuille de papier.

Il peut être utile de remarquer que des débris végétaux se rencontrent à peu de distance au-dessus du dépôt stannifère au nord comme au sud de la ligne de partage des eaux.

VI. **Les vallées profondes qui s'ouvraient autrefois sur la mer au-dessous du niveau des marées hautes, sur la côte sud du Cornwall, présentent des alternances de dépôts minéraux, avec des dépôts végétaux, et de dépôts d'eau douce avec des dépôts marins.** — Ainsi, à Carnon, dans la coupe que nous avons citée plus haut, des couches de limon sans coquilles se montrent à trois reprises intercalées entre les couches de sable et de limon marins renfermant des coquilles.

A Pentuan et à Sandrycock, près de Porth, on observe des faits du même genre.

On a trouvé à Pentuan, comme à Carnon, des débris humains à une quinzaine de mètres au-dessous du niveau du sol.

Nous ne nous occuperons pas de rechercher les causes de ces alternances dans les dépôts, non plus que de savoir si ces débris humains, sur les deux points où on les a trouvés, appartiennent ou non à la même période.

Dans les *alluvions* des terres basses, les couches supérieures sont composées des mêmes éléments que les roches et les remplissages des filons du voisinage. Ils y sont généralement à l'état de sable et de gravier, et il y a fort peu de différence entre ces dépôts et ceux qu'on rencontre aux environs dans le fond des ruisseaux ; ils sont disposés en

bandes minces séparées par des lits plus minces encore d'argile durcie.

VII. **Fragments de minerai d'étain** (SHODE) **disséminés à la surface à différentes altitudes.** — Les vallées et les parties basses du sol ne sont pas les seuls points où l'on trouve du minerai d'étain détritique, bien qu'elles renferment les dépôts les plus étendus et les plus riches. De même que pour le minerai de plomb dans le nord de l'Angleterre, le cuivre natif au Lac Supérieur et l'or dans les *cascalhos* du Brésil, on a rencontré et l'on rencontre encore des masses de minerai plus ou moins roulées sur les pentes de plusieurs collines. Le fait était même si fréquent jadis qu'on pouvait s'en servir comme de guides vers les filons d'où elles provenaient. Ces masses ne sont pas limitées à une direction déterminée, mais, par suite de la forme de la surface du sol et de la direction générale des filons, elles étaient plus nombreuses sur les pentes nord et sud que sur les pentes est et ouest. On ne sait si elles se sont trouvées en égale abondance de part et d'autre de la ligne de partage des eaux.

Au nord-est de la petite chaîne schisteuse qui part du versant nord de Hensbarrow et Killivreth Down, entoure le granite de Castle-an-Dinas et de Belovely Beacon et va rejoindre les schistes qui bordent le canal de Bristol, les roches et les détritus plus ou moins arrondis des dépôts de Saint-Austell et de Lanlivery sont presque exclusivement granitiques. Au sud-ouest, au contraire, la roche en place, le dépôt stannifère et les couches qui le recouvrent sont, pour la plus grande partie, constitués par des schistes et des elvans, mêlés parfois d'un peu de granite et présentant toujours des traces d'érosion.

Mais si cette bande schisteuse est plus élevée que les dépôts détritiques qui se trouvent de chaque côté, elle est beaucoup plus basse que les sommets et les pentes de

Hensbarrow, Killivreth Down, Helmen-Tor, Belovely Beacon et Castle-an-Dinas; c'est des roches, des filons et des veines qui se trouvent sur ces derniers points que doivent provenir les dépôts stannifères et les couches de débris qui les recouvrent, la barrière schisteuse ne présentant au contraire aucune trace de détritus.

Si, pendant que l'étain d'alluvion se déposait dans les vallées et que les *shodes* se répandaient sur les parties plus élevées du terrain, il y a eu du minerai entraîné dans la mer, il doit être aujourd'hui, comme sur le rivage, recouvert de dépôts plus récents, car dans les travaux de l'*Hydrographical survey*, les sondages nombreux qu'on a faits n'en ont jamais fait découvrir.

Le granite de Cligger-Head est traversé par de minces veines de quartz qui, ainsi que le granite lui-même, renferment du minerai d'étain. L'action de la mer sape le pied de la falaise, et il s'en écroule de gros blocs presque chaque hiver. Ils sont rapidement désagrégés par les vagues, et le minerai qu'ils renfermaient est ramassé par de pauvres gens qui trouvent dans sa préparation un chétif moyen d'existence. Sur plusieurs autres points de la côte, on recueille aussi de petites quantités de minerai d'étain, mais qui proviennent simplement, pour la plus grande partie du moins, du lavage par les eaux des résidus rejetés par les mines du voisinage.

Le comté entier ne produit guère aujourd'hui que cinquante tonnes de minerai d'*alluvion* par an.

Les droits réservés par les propriétaires sont généralement plus élevés dans les travaux des alluvions que dans les mines. Sur un point où les difficultés et les risques sont exceptionnels, ce droit est d'un vingtième; il est le plus souvent d'un quinzième ou un douzième, mais dans un district, le plus pauvre peut-être du Cornwall, il s'élève jusqu'à un dixième du produit.

DE LA TRANSMISSION

ET DE LA

DISTRIBUTION DES FORCES MOTRICES A GRANDE DISTANCE

AU MOYEN DE CÂBLES MÉTALLIQUES

Par M. ARTHUR ACHARD, Ingénieur, ancien élève de l'École des mines.

1. La transmission et la distribution du travail mécanique à des distances qui excèdent les dimensions d'un bâtiment d'usine ou même d'une usine entière, et qui puissent au besoin s'étendre à plusieurs kilomètres, est un problème dont la solution peut avoir une grande utilité dans maintes circonstances. Mais l'intérêt qu'il offre s'est surtout augmenté depuis que le haut prix du charbon a dirigé l'attention du public industriel sur les forces hydrauliques souvent considérables, qui sont disponibles dans des localités peu abordables et peu propres à leur mise en œuvre. De telles forces demeurent stériles aussi longtemps qu'on ne peut pas les transférer dans des établissements existants ou dans une localité propre à la création de nouvelles usines, et les répartir entre elles suivant leurs besoins respectifs. Parmi les moyens propres à atteindre ce but, les uns ont été principalement appliqués à des emplois déterminés et spéciaux, tels que le levage des fardeaux et les percements de tunnels et galeries de mines. Mais la préférence a été donnée, jusqu'ici du moins, aux câbles métalliques pour les transmissions *générales*, c'est-à-dire pour celles dont la fin est l'exécution d'opérations industrielles quelconques. C'est sur leur emploi que reposent de véri-

tables *distributions de force motrice* qui ont été établies dans ces dernières années, et qui trouveront sans doute de nombreuses imitations.

Aussi pensons nous qu'il doit y avoir de l'intérêt à exposer les principes de la transmission par câbles, quoiqu'ils soient peut-être moins nouveaux que ceux sur lesquels reposent les autres procédés télédynamiques.

2. La transmission par câbles n'est qu'une extension de la transmission par courroies qui est d'un emploi universel dans l'intérieur des usines. Aussi, avant d'aborder ce qui est spécial aux câbles, il convient de rappeler ce qui peut être dit de général sur la transmission funiculaire.

Une transmission funiculaire se compose de deux arbres dont l'un doit transmettre à l'autre son mouvement de rotation, de deux poulies montées, l'une sur l'un de ces arbres l'autre sur l'autre, enfin de l'organe funiculaire, courroie sans fin ou câble sans fin, que nous appellerons pour abréger *corde* sans rien préjuger sur sa nature. Nous envisagerons seulement le cas où les deux arbres sont parallèles et où les plans moyens des deux poulies coïncident, car, comme on le verra plus loin, c'est le seul qui offre de l'intérêt au point de vue des câbles.

A un instant quelconque on peut concevoir la corde comme divisée en quatre parties : la longueur appliquée sur la poulie conductrice, la longueur appliquée sur la poulie conduite, enfin les deux longueurs libres. On nomme celles-ci les *brins* de la corde.

L'organe actif de la transmission est le brin qui s'enroule sur la poulie conductrice en se déroulant de la poulie conduite, en d'autres termes qui éprouve de la première une traction qu'il transmet à la seconde. Pour cette raison on l'appelle *le brin conducteur;* par analogie on nomme l'autre *le brin conduit.*

Cela étant, soient A l'arbre conducteur avec sa poulie de rayon R, et B l'arbre conduit avec sa poulie de rayon R'.

Une puissance P agit sur le premier tangentiellement à un cercle de rayon r, et une résistance Q agit sur le second tangentiellement à un cercle de rayon r'. Les flèches qui indiquent les sens des rotations montrent que c'est le brin supérieur qui est conducteur (*fig.* 1, Pl. V).

Pour que la transmission s'opère, il faut que la poulie A entraîne la corde et que celle-ci, à son tour, entraîne la poulie B. Cela ne peut avoir lieu qu'en vertu de l'adhérence entre la corde et les jantes des poulies, et cette adhérence dépend de deux éléments : la rugosité des parties en contact et la tension de la corde.

Nommons T la tension du brin conducteur et t celle du brin conduit. Nous pouvons imaginer les deux brins coupés et les tensions remplacées par des tractions, respectivement égales à T et à t, et agissant à l'égard de chaque poulie comme le font les tensions. De cette manière les conditions de mouvement uniforme peuvent être envisagées séparément pour chaque poulie. Elles sont, en négligeant d'abord les résistance passives :

Pour la poulie conductrice, en observant que t agit à son égard comme puissance et T comme résistance :

$$Pr + tR - TR = 0,$$

d'où

$$T - t = P\frac{r}{R}; \qquad (1)$$

Pour la poulie conduite, en observant que, à l'égard de celle-ci, c'est T qui est la puissance, tandis que t agit comme résistance :

$$TR' - tR' - Qr' = 0,$$

d'où

$$T - t = Q\frac{r'}{R'}. \qquad (2)$$

Les relations (1) et (2) montrent que les quantités $P\frac{r}{R}$

et $Q\frac{r'}{R'}$, nécessairement égales entre elles si l'on fait abstraction des résistances passives, sont en outre égales à $T-t$. Mais cela ne suffit pas pour déterminer T et t; c'est la condition d'adhérence qui y suppléera.

Pour que la force P fasse glisser la poulie A sous la corde sans entraîner celle-ci, il faut que cette force rapportée à la jante, c'est-à-dire $P\frac{r}{R}$, soit au moins égale au frottement qui s'exercerait entre la corde et la jante si ce glissement avait lieu. Ce frottement a pour mesure l'écart minimum qui doit exister entre les tensions T et t des deux brins pour que le brin de tension T entraîne l'autre en glissant sur la poulie immobile; car le frottement ne dépend que du mouvement relatif, qui est le même dans les deux cas. On sait, par une théorie connue, que cet écart doit être tel que l'on ait $\frac{T}{t}=e^{f\alpha}$ ($e=$ base des logarithmes naturels, $f=$ coefficient de frottement relatif à la paire de substances en contact, $\alpha=$ valeur, rapportée au rayon, de l'arc de poulie embrassé par la corde). De cette relation on peut déduire l'écart $T-t$ en fonction, soit de t, soit de T, à volonté. En choisissant t, on trouve $T-t=t\,(e^{f\alpha}-1)$. Par conséquent, t étant provisoirement indéterminé, on saura que la poulie A entraînera la corde si $P\frac{r}{R}<t\,(e^{f\alpha}-1)$, et ne l'entraînera pas si $P\frac{r}{R}>t\,(e^{f\alpha}-1)$.

De même, en ce qui concerne la poulie conduite, la corde l'entraînera si $Q\frac{r'}{R'}<t\,(e^{f\beta}-1)$, et ne l'entraînera pas si $Q\frac{r'}{R'}>t\,(e^{f\beta}-1)$ (β étant l'arc embrassé sur cette poulie et f pouvant prendre une autre valeur suivant la nature de la poulie).

Il faut donc, pour que la valeur strictement nécessaire de t soit atteinte, que la quantité $P\frac{r}{R}$, ou son égale $Q\frac{r'}{R'}$, soit égale à la plus petite des deux quantités $t(e^{f\alpha}-1)$ et $t(e^{f\beta}-1)$. Cette valeur s'obtiendra donc en divisant $P\frac{r}{R}$ ou $Q\frac{r'}{R'}$ par la plus petite des deux quantités $e^{f\alpha}-1$ et $e^{f\beta}-1$. Une fois t déterminé, T s'en déduit immédiatement, puisque $T-t$ est donné par (1) ou (2).

Algébriquement parlant, la solution du problème revient à associer à une des relations (1) et (2) cette autre relation

$$\frac{T}{t}=k, \tag{3}$$

où k est la plus petite des deux quantités $e^{f\alpha}$ et $e^{f\beta}$.

Il est facile de se rendre compte, comme vérification *a posteriori* du raisonnement précédent, que les tensions déterminées par ce que requiert la poulie de moindre adhérence seront à plus forte raison suffisantes pour la poulie de plus grande adhérence, quelles que soient celle des deux qui est conductrice et celle qui est conduite.

Dans la pratique, en vue des irrégularités du travail à transmettre, il convient de renforcer les tensions, et pour tenir compte de cette nécessité, il faut affecter k d'un coefficient μ qui est <1, et qui est d'autant moindre que les irrégularités sont plus grandes. On remplacera donc la relation (3) par

$$\frac{T}{t}=\mu k. \tag{3a}$$

3. Après avoir, pour simplifier les raisonnements relatifs aux tensions, fait abstraction des résistances passives, il est nécessaire de les introduire dans la question. Elles sont au nombre de deux, dont l'une intervient quel que

soit le mode de communication du mouvement entre les deux arbres tournants, tandis que la seconde est propre à l'organe funiculaire.

La première consiste dans le frottement des coussinets. Chaque arbre est soutenu par deux supports ou paliers, portant les coussinets qui guident son mouvement de rotation. Si l'on appelle f' le coefficient de frottement relatif à ce contact, le frottement d'un support sera le produit de $\frac{f'}{\sqrt{1+f'^2}}$ par la pression que l'arbre exerce sur lui. La quantité $\frac{f'}{\sqrt{1+f'^2}}$, que nous désignons pour abréger par f_1, se nomme quelquefois *le coefficient de frottement des coussinets*. La somme des frottements relatifs aux deux supports sera le produit de f_1 par la somme des pressions que l'arbre exerce respectivement sur eux, somme qui est égale à la résultante F de toutes les forces extérieures appliquées à l'arbre perpendiculairement à sa direction, et censées transportées parallélement à elles-mêmes en un point d'application unique. L'expression du frottement concernant un arbre sera donc f_1F et le moment de ce frottement par rapport à l'axe de l'arbre sera $f_1\rho$F, en appelant ρ le diamètre de l'arbre (ou de son tourillon s'il y a lieu).

La seconde résistance se nomme la *raideur de la corde* et consiste en ce que, par suite de l'insuffisance de flexibilité de l'organe funiculaire, le brin par lequel la résistance agit et qui s'enroule, s'écarte un peu de la direction de celle-ci, de manière à augmenter son bras de levier et par suite son moment. La même chose n'a pas lieu pour l'autre brin, dont le déroulement est au contraire favorisé par le ressort de la corde.

Parmi les formules empiriques proposées pour exprimer la raideur, nous choisirons celle qui consiste à représenter le supplément de bras de levier auquel elle donne naissance

par $s\Delta^2$, Δ étant le diamètre de la corde (ou l'épaisseur de la courroie) et s un coefficient dépendant de la matière dont elle est faite.

En introduisant ces résistances, les équations de mouvement uniforme deviendront :

Pour la poulie conductrice,

$$Pr + tR - T(R + s\Delta^2) - f_1\rho F = 0; \qquad (4)$$

Pour la poulie conduite,

$$Tr' - t(R' + s\Delta^2) - Qr' - f_1\rho' F' = 0. \qquad (5)$$

Comme ici l'on n'a plus *a priori* $P\frac{r}{R} = Q\frac{r'}{R'}$, il y a en réalité trois inconnues T, t et P, ou bien T, t et Q, suivant qu'on se donne Q ou P ; trois équations distinctes sont donc nécessaires. On les aura en associant l'équation (3*a*) qui exprime la condition relative aux tensions, aux deux équations (4) et (5), dans lesquelles F est une fonction de P, de T, de t et du poids de la poulie A et de son arbre, et F' une fonction de Q, de T, de t et du poids de la poulie B et de son arbre. La résolution du problème est donc possible, *théoriquement parlant.*

C'est pour les courroies seulement qu'on peut considérer les deux brins comme étant chacun rectiligne et de tension uniforme. Nous verrons que pour les câbles il en est différemment.

Aux tensions T et t des deux brins en mouvement correspond une tension θ commune aux deux brins en repos. Une fois cette tension au repos θ réalisée, la mise en marche, c'est-à-dire la mise en jeu de la puissance et de la résistance, créée d'elle-même l'inégalité de tensions requise, et par suite réalise les valeurs T et t.

4. Telle est, résumée brièvement dans ce qu'elle a de général, la théorie de la transmission funiculaire. Les con-

sidérations suivantes montreront comment on a pu être amené à réaliser ce genre de transmission par des câbles métalliques.

La section à donner à l'organe funiculaire est égale au quotient obtenu en divisant T, le maximum de tension qu'il a à subir, par le nombre qui représente la tension rapportée à l'unité de section que comporte la matière. Mais le constructeur dispose de la grandeur de T jusqu'à une certaine limite. En effet, si nous laissons de côté les résistances passives qui compliqueraient inutilement la question, nous trouvons, en combinant les relations (1) et (3*a*),

$$T = \frac{\mu k}{\mu k - 1} . P \frac{r}{R}.$$

Soient v la vitesse de la corde et v' celle du point d'application de P, nous avons $\frac{r}{R} = \frac{v'}{v}$. En outre, soit que P représente l'action directe du premier moteur (comme, par exemple, si celui-ci était une roue hydraulique montée sur l'arbre A), soit qu'il représente une action transmise de celui-ci par des engrenages ou autrement, on a, en appelant N la force en chevaux du premier moteur, $P = \frac{75N}{v'}$.

Donc en substituant,

$$T = \frac{\mu k - 1}{\mu k} . \frac{75N}{v}. \qquad (6)$$

Ainsi, étant donné le travail à transmettre, la tension de l'organe funiculaire sera en raison inverse de sa vitesse. C'est en augmentant sa vitesse que le constructeur parviendra à réduire sa section.

La relation (6) permet de se rendre facilement compte des limites des puissances mécaniques qui peuvent être

transmises par un organe funiculaire donné. Pour cela, il faut d'abord évaluer la quantité $\frac{\mu k}{\mu k - 1}$ pour les cas qui requièrent la moindre tension. Or on sait que $k = e^{f\alpha}$, α étant le moindre des deux arcs d'enroulement, et ce sont les plus grandes valeurs de f et de α qui sont à envisager ici. Le plus petit des deux arcs d'enroulement ne peut pas excéder une demi-circonférence, et en tenant compte de la déviation causée par la raideur, on peut l'évaluer à $0,95\,\varpi$. Le maximum de f pour les courroies est environ 0,30. Alors la valeur de k sera 2.448. Pour celle de μ, on admettra son maximum, savoir l'unité. On aura alors $\frac{\mu k}{\mu k - 1} = 1,69$.

D'autre part, on ne peut guère songer à porter la vitesse de la courroie à plus de 25 mètres, ni à la faire travailler en permanence à raison de plus de $0^k,25$ par millimètre carré de section. Si l'on cherche quel travail on pourra transmettre dans ces conditions avec une courroie large de 250 millimètres et épaisse de 8 millimètres (*), ce qui est une courroie déjà très-forte, on aura à résoudre l'équation

$$250 \,.\, 8 \,.\, 0,25 = 1,69 \,.\, \frac{75\,\mathrm{N}}{25},$$

ce qui donne $\mathrm{N} = 98\frac{1}{2}$ chevaux environ. Si l'on avait tenu compte des résistances passives et si l'on avait admis, pour μ un nombre < 1, et pour l'adhérence de la courroie sur la poulie les conditions moins favorables que l'usure amène tôt ou tard, on serait arrivé à un chiffre sensiblement moindre.

(*) Il est certain que l'on emploie souvent des courroies de plus de 8 millimètres d'épaisseur. Mais alors l'effort résultant de la flexion par enroulement acquiert une valeur notable qui diminue la marge permise pour l'effort résultant de la tension générale. Il faudrait admettre pour celui-ci un nombre inférieur à $0^k,25$, en sorte que, au point de vue du travail transmis, on ne gagnerait guère.

Ce qui précède suffit pour montrer que la transmission par courroies n'est applicable qu'à des puissances mécaniques limitées. Mais même dans ces limites, la grandeur de la distance devient un obstacle à son emploi : l'expérience a démontré que l'élasticité de la courroie donne lieu à des oscillations et à des variations de vitesse qui augmentent avec la portée et qui, au delà d'une certaine limite, rendraient la transmission trop irrégulière. D'ailleurs, là où il faudrait faire franchir à l'agent de transmission de grands espaces en plein air, une courroie se trouverait dans de mauvaises conditions de conservation. La recherche d'un organe funiculaire à la fois souple et pas trop élastique, suffisamment résistant et peu altérable (*), était donc indiquée en vue de pouvoir transmettre au loin de grandes puissances mécaniques. C'est là le progrès qui a été réalisé par l'invention des câbles métalliques due, comme on le sait, à M. Ch. F. Hirn, de Colmar.

5. Les câbles métalliques employés comme organes funiculaires sont formés d'un certain nombre de torons identiques entre eux. Les fils de fer composant un toron sont égaux entre eux et enroulés autour d'une âme en chanvre, tout en étant parfaitement serrés les uns contre les autres. Les torons sont à leur tour enroulés autour d'une âme cen-

(*) Quant à la question de coût, on peut dire, d'après les données moyennes, que la section d'organe funiculaire capable de supporter un effort habituel de 100 kilogrammes provenant de la tension générale, coûte par mètre courant :

En cuir.	3f,50
En caoutchouc.	4f,25
En fil de fer.	0f,40

Pour comparer ces prix au point de vue pratique, il faudrait introduire un coefficient de durée pour chaque substance. Mais la comparaison n'aurait d'intérêt qu'entre le cuir et le caoutchouc; car il ne saurait y avoir concurrence d'emploi entre ceux-ci et les câbles métalliques.

trale également en chanvre; le sens de leur enroulement est le contraire de celui des fils dans les torons.

Les axes qui se transmettent le mouvement sont rigoureusement parallèles. Deux poulies consécutives ont leur plan médian commun, et c'est dans ce plan médian que se meut le câble qui les relie.

Les poulies ont des diamètres considérables, ce qui a pour objet de contribuer à donner au câble une vitesse suffisante, et de réduire l'effort moléculaire que les fils de fer éprouvent par le seul fait de leur enroulement sur la poulie. L'accroissement des diamètres des poulies a en outre pour effet de diminuer l'influence de la raideur.

Si la distance à laquelle la force doit être transmise n'est pas trop considérable, l'installation comprend seulement une poulie conductrice et une poulie conduite, par conséquent un seul câble; dans certains cas, des poulies de support sont nécessaires pour soutenir celui-ci dans l'intervalle. Si la distance est très-grande on pourrait, il est vrai, se borner à multiplier les poulies de support; mais alors on préfère généralement subdiviser la transmission en plusieurs *relais*, dont chacun a son câble propre. Les relais sont séparés par des *stations*. Chaque station porte un arbre horizontal sur lequel sont montées deux poulies, l'une conduite à l'égard du câble du relais qui s'y termine, l'autre conductrice à l'égard du câble du relais qui y commence : le plus souvent, au lieu de deux poulies distinctes, on se sert d'une poulie unique à deux gorges.

S'il est nécessaire de changer quelque part la direction de la transmission, on s'arrange pour avoir en ce point une station de relais portant deux arbres horizontaux avec leurs poulies respectives; ils font entre eux l'angle voulu et sont reliés par un engrenage conique.

Les stations sont généralement disposées sur des piliers en maçonnerie plus ou moins élevés suivant la configuration du sol et la longueur des relais.

Dans le cas où la force motrice, au lieu d'être transmise en entier à l'extrémité, doit être partiellement distribuée en route, on utilise à cet effet les arbres des stations de relais qui jouent alors le rôle d'arbres moteurs à l'égard de transmissions secondaires dans lesquelles on peut employer soit des câbles, soit tout autre moyen. Les relais de la transmission principale ayant ainsi des forces de moins en moins grandes à transmettre, on peut, si cela en vaut la peine, réduire progressivement le diamètre des câbles, ainsi que ceux des poulies qui les portent.

6. Pour les courroies et les cordes ordinaires et pour les câbles métalliques, la réalisation des tensions requises repose au fond sur le même principe. Mais dans la pratique il y a une différence à signaler.

Chacun des brins de l'organe funiculaire est dans les mêmes conditions que si les deux points, où son contact avec l'une des poulies commence et où le contact avec l'autre finit, étaient des points de suspension proprement dite. Il en est ainsi aussi bien dans l'état de mouvement *uniforme* que dans l'état de repos. Les forces qui sollicitent chaque brin sont les tensions auxquelles sont soumis les éléments rectilignes dans lesquels sa longueur peut être décomposée, et les poids de ces éléments. Le poids étant, par hypothèse, uniforme, le brin affectera la forme d'une chaînette; mais comme dans la pratique les distances verticales entre le point le plus bas de cette courbe et les points de suspension sont presque toujours très-petites par rapport à la distance horizontale de ceux-ci, la courbe diffère extrêmement peu de ce qu'elle serait si le poids, au lieu d'être réparti sur la longueur même du brin, l'était sur celle de sa projection horizontale. Elle ne diffère donc pas sensiblement d'une parabole; et en l'assimilant à celle-ci, on simplifie beaucoup les calculs.

Dans ce qui suit, et jusqu'à mention du contraire, nous admettrons que les deux poulies ont leurs axes au même

niveau et que leurs rayons sont égaux. Chacun des brins aura donc ses deux extrémités au même niveau. Nous prendrons la ligne horizontale qui les joint pour axe des x (*fig.* 2), et nous appellerons leur distance l (*). Le milieu de cette distance qui correspond au point le plus bas de la courbe sera pris pour origine, et les ordonnées positives seront comptées en dessous de l'axe des x.

La tension S n'est pas la même en tous les points. Elle est exprimée par la relation

$$S = \sqrt{S_0^2 + p^2 x^2},$$

p étant le poids de l'organe funiculaire par unité de longueur et S_0 la tension minimum qui correspond à $x = 0$, c'est-à-dire au point le plus bas. L'équation de la parabole représentant la forme de la corde est

$$h - y = \frac{px^2}{2S_0},$$

h étant la flèche de la courbe, c'est-à-dire la distance verticale entre le point le plus bas et l'horizontale des points de suspension. Comme $y = 0$ pour $x = \pm \frac{l}{2}$, on a

$$h = \frac{pl^2}{8S_0},$$

d'où

$$S_0 = \frac{pl^2}{8h}.$$

Par conséquent

$$S = \sqrt{\frac{p^2 l^4}{64 h^2} + p^2 x^2} = \frac{pl^2}{8h} \sqrt{1 + \frac{64 h^2 x^2}{l^4}}.$$

La tension maximum correspond au maximum de x, qui

(*) Cette distance est à très-peu de chose près la même pour les deux brins, et égale à celle des axes des poulies.

est $\pm\frac{l}{2}$, c'est-à-dire aux points de suspension. Elle a pour valeur

$$S_1 = \frac{pl^2}{8h}\sqrt{1+\frac{16h^2}{l^2}} = \frac{pl}{8}\sqrt{\frac{1}{\left(\frac{h}{l}\right)^2}+16}. \quad (7)$$

On peut encore établir une relation entre S_1 et la longueur du brin. Dans l'hypothèse restrictive où l'assimilation à la forme parabolique est admissible, la longueur du double d'un arc de parabole compris entre le point le plus bas et le point d'abscisse $x = \frac{l}{2}$ s'exprime avec une exactitude suffisante par

$$a = l + \frac{8}{3}\frac{h^2}{l}. \quad (8)$$

Par l'élimination de h entre ces deux dernières équations, on trouve

$$S_1 = \frac{pl}{4}\sqrt{4+\frac{2l}{3(a-l)}}. \quad (9)$$

Le poids p de la corde par unité de longueur et sa portée l étant des quantités fixées d'avance, S_1 représente à la fois la tension maximum de la corde, c'est-à-dire la traction qu'elle exerce sur ses points de suspension par le fait qu'elle a une certaine flèche h (ou une certaine longueur a), et la traction qu'il faut exercer sur la corde à ses points de suspension pour l'obliger à prendre cette figure, en supposant, bien entendu, qu'elle soit libre de glisser sur ces points, comme c'est précisément le cas pour le brin s'étendant entre les deux poulies. En effet, la figure prise par la corde sera nécessairement telle que la valeur correspondante de S_1 soit égale, en grandeur absolue, à la traction exercée.

Les équations (7) et (9) permettront à volonté de déterminer S_1 au moyen de h (ou de a) et de déterminer h (ou a) au moyen de S_1.

Les équations (7) et (9) conduisent à une conséquence paradoxale, c'est que l'hypothèse $h = 0$, ou ce qui revient au même $a = l$, correspond à une valeur infinie de S_1. Cette conséquence ne doit pas être prise au pied de la lettre, et signifie simplement que la difficulté de tendre une corde augmente rapidement à mesure que sa figure s'approche d'être rectiligne. Du reste la valeur de S_1 étant égale au produit de pl par une quantité qui ne dépend que du quotient $\frac{h}{l}$, il en résulte que la difficulté de réduire la flèche à une certaine proportion croît dans le même rapport que pl, ce qui est tout à fait conforme à l'expérience.

Pour une raison déjà indiquée, on n'applique pas les courroies à de grandes portées ; aussi l'on comprend par ce qui précède que la réalisation des tensions requises pour la transmission du mouvement puisse rendre la flèche des brins tout à fait insensible. Quand il en est ainsi, les valeurs de S_0 et de S_1 diffèrent très-peu, et l'on peut sans erreur considérer chaque brin comme ayant dans toute son étendue une tension uniforme. Du reste, quand les portées sont grandes les flèches des courroies deviennent perceptibles.

On peut se rendre compte des grandeurs des flèches auxquelles les courroies et les câbles peuvent donner lieu pour les portées auxquelles on les applique. Si l'on appelle ω la section en millimètres carrés, et σ l'effort par millimètre carré résultant de la tension, on a $S_1 = \omega\sigma$. La relation (7) peut donc s'écrire :

$$\frac{\omega\sigma}{p} = \frac{l^2}{8h}\sqrt{1 + \frac{16h^2}{l^2}} = \frac{l}{8}\sqrt{\frac{1}{\left(\frac{h}{l}\right)^2} + 16}.$$

Pour une courroie on admet en pratique $\sigma = 0^k,25$. Le poids spécifique du cuir étant 900 kilogrammes, on a $p = 0,0009\,\omega$. Par conséquent $\frac{\omega\sigma}{p} = \frac{0,25}{0,0009} = 278$. Si l'on fait $l = 10$ mèt., on trouve $\frac{h}{l} = 0,0045$ et $h = 0^m,045$; si l'on fait $l = 20$ mèt., ce qui est une portée très-grande, on trouve $\frac{h}{l} = 0,009$ et $h = 0^m,18$.

Pour un câble, en tenant compte de l'enroulement des fils en hélice et de la présence du chanvre, on a approximativement $\frac{\omega}{p} = 104$ (*), ω étant la quantité à laquelle σ se rapporte, c'est-à-dire la somme des sections droites des fils. A cause d'une raison qui sera indiquée plus loin, la limite de σ dépend du rayon de la poulie. Nous admettrons 10 kilogrammes. On a alors $\frac{\omega}{p}\,\sigma = 1.040$. En prenant $l = 100$ mètres, on trouve $\frac{h}{l} = 0,01203$ et $h = 1^m,203$; en prenant $l = 200$ mètres, on trouve $\frac{h}{l} = 0,02414$ et $h = 4^m,828$.

C'est uniquement à cause des grandes portées auxquelles on les applique que les câbles ont des flèches aussi fortes.

(*) Ce nombre est le résultat de mesures exactes prises sur des échantillons. Dans son ouvrage *le Constructeur*, récemment traduit en français, M. Reuleaux donne au sujet des câbles, mais sans démonstrations, quelques formules desquelles il résulte implicitement qu'il admet pour $\frac{\omega}{p}$ le nombre 114. Il est fort possible que ce nombre soit exact pour des câbles contenant peu de chanvre. S'il n'y en avait pas du tout, on aurait à peu près $\frac{\omega}{p} = 123$.

En raison de l'enroulement en hélice, les fils sont environ de 5 p. 100 plus longs que la longueur de câble qu'ils occupent.

A égalité de portée, leurs flèches seraient inférieures à celles des courroies, vu la différence entre les valeurs correspondantes de $\frac{\omega\sigma}{p}$.

Dans les limites où la forme parabolique est admissible on peut dire que, à tension égale, le rapport $\frac{h}{l}$ est proportionnel à l, et par conséquent la flèche proportionnelle au carré de la portée.

De l'égalité $\frac{S_1}{p} = \frac{\omega\sigma}{p} = 104\sigma$ on déduit la relation

$$\sigma = \frac{l}{832}\sqrt{\frac{1}{\left(\frac{h}{l}\right)^2} + 16}, \qquad (10)$$

qui exprime la tension par millimètre carré aux deux extrémités d'un brin de câble en fonction de la flèche de ce brin.

En remplaçant dans l'équation (7) S_1 par la valeur calculée de T, on déterminera la flèche h_1 du brin conducteur; en remplaçant S_1 par la valeur calculée de t, on déterminera la flèche h_2 du brin conduit, laquelle est plus grande que h_1. Si l'on a $2R + h_1 =$ ou $< h_2$ il faut que le brin conducteur soit en haut et le brin conduit en bas (*fig.* 3), sans quoi les deux brins se toucheraient; il en est de même à cause des oscillations du câble, quand $2R + h_1$ n'excède h_2 que de peu. Dans les autres cas, il est permis de donner au brin conducteur la position inférieure (*fig.* 4), ce qui est souvent plus commode.

Pour que les tensions requises T et t soient réalisées pendant la marche, il faut et il suffit que la tension commune aux deux brins à l'état de repos ait une certaine valeur θ. Cette valeur est à son tour réalisée en donnant au câble une longueur convenable. Si a_0 est la longueur de chaque brin pendant le repos, a_1 et a_2 respectivement celles

du brin conducteur et du brin conduit pendant le mouvement, on doit avoir

$$2a_0 = a_1 + a_2.$$

De (8) on déduit

$$a = l \frac{S^2{}_1 - \frac{5}{24} p^2 l^2}{S^2{}_1 - \frac{1}{4} p^2 l^2},$$

relation qui permet de calculer a_1 et a_2 en remplaçant S_1 par la valeur de T et par celle de t, et par conséquent de fixer la valeur de a_0. Elle permettrait aussi de calculer algébriquement θ en fonction de T et de t, en remplaçant a_0, a_1, et a_2 par leurs expressions contenant respectivement θ, T et t.

La relation (8) qui lie a à h permet d'obtenir très-simplement la flèche h_0 commune aux deux brins à l'état de repos en fonction de h_1 et de h_2. On aura en effet

$$2\left(l + \frac{8}{3}\frac{h^2{}_0}{l}\right) = \left(l + \frac{8}{3}\frac{h^2{}_1}{l}\right) + \left(l + \frac{8}{3}\frac{h_2{}^2}{l}\right),$$

d'où

$$h_0 = \sqrt{\frac{h^2{}_1 + h^2{}_2}{2}}. \qquad (11)$$

Quand il s'agit de mettre un câble en place, après l'avoir hissé sur les poulies, on relie deux points respectivement voisins des deux bouts libres aux deux crochets d'un palan et l'on tire sur la corde de celui-ci jusqu'à ce que l'on ait mis en contact des points séparés par une longueur de câble égale à $2a_0 + 2\varpi R$, ou bien jusqu'à ce qu'on ait réalisé une flèche h_0, ce dont les circonstances topographiques permettent quelquefois de juger avec exactitude; on opère alors l'épissure sur une longueur d'une dizaine de mètres. En général il faut commencer par un réglage provisoire; un câble neuf mis en service se détord un peu et s'allonge,

en sorte qu'au bout de quelque temps on est obligé de le déposer pour le raccourcir.

Les valeurs calculées pour les flèches h_1 et h_2 ne représentent que des moyennes. Par suite des variations du travail moteur et du travail résistant, ainsi que par suite de sa propre élasticité, le câble éprouve des variations de tension qui se traduisent par des oscillations continuelles des deux brins de part et d'autre de leurs positions moyennes respectives. Ces oscillations apportent sans doute une limite aux longueurs des portées qu'on peut franchir avec un seul câble et sans poulies de support, mais il est assez difficile de la préciser.

7. Le câble a à supporter deux efforts moléculaires distincts.

Le premier, que nous avons déjà désigné par σ, provient de la tension nécessaire pour réaliser le mouvement. On sait que cette tension a pour valeur maximum T et que ce maximum se produit aux deux extrémités du brin conducteur. En désignant par i le nombre des fils composant le câble et par δ le diamètre (en millimètres) de chacun d'eux, on aura pour valeur de l'effort maximum σ_1, rapporté au millimètre carré de section métallique

$$\sigma_1 = \frac{T}{\frac{\varpi}{4}\delta^2 i}. \qquad (12)$$

Le second effort moléculaire résulte de la flexion occasionnée par l'enroulement du câble sur les poulies. Soit un fil de diamètre δ enroulé sur une poulie de rayon R (*). Deux plans menés par l'axe de cette poulie et faisant entre eux un angle quelconque détacheront un certain tronçon du fil

(*) Il est à peine nécessaire de dire que, dans le calcul de ζ, R doit être exprimé dans la même unité que δ.

enroulé; considérons les différentes fibres composant ce tronçon. Celles qui sont à la hauteur du centre du fil, c'est-à dire dont la distance à l'axe est $R + \frac{\delta}{2}$, ont conservé leur longueur primitive. Celle qui est le plus loin de l'axe a subi un allongement relatif exprimé par $\frac{R + \delta - \left(R + \frac{\delta}{2}\right)}{R + \frac{\delta}{2}}$; celle qui est le plus près de l'axe a éprouvé un raccourcissement relatif exprimé par $\frac{R + \frac{\delta}{2} - R}{R + \frac{\delta}{2}}$. Ces deux fractions sont égales, et vu la petitesse de δ par rapport à R peuvent être remplacées par $\frac{\delta}{2R}$. L'effort maximum, c'est-à-dire celui auquel les fibres extrêmes sont soumises, est donc

$$\zeta = E \frac{\delta}{2R}, \qquad (13)$$

E étant le module d'élasticité du fil de fer, rapporté au millimètre carré. Cet effort est une compression pour la fibre la plus rapprochée de l'axe de la poulie, une extension pour la plus éloignée.

Si l'on considère le câble comme un faisceau de fils parallèles, la valeur de ζ sera la même pour tous, car, vu la petitesse du diamètre du câble relativement au rayon de la poulie, on peut admettre que le rapport $\frac{\delta}{2R}$ leur est commun (*).

(*) En effet, les fils ont beau être serrés, ils peuvent glisser les uns par rapport aux autres, et par conséquent chacun fléchit pour

L'effort ζ se combine avec celui qui résulte de la tension générale du câble et qui est le même pour toutes les fibres de chaque fil. Nous avons vu que le maximum σ_1 de ce dernier effort correspond aux extrémités du brin conducteur; mais ces extrémités subissent en même temps les effets de la flexion, puisque l'une achève de se dérouler pendant que l'autre commence à s'enrouler. Aussi dans chaque fil, tandis que les fibres à la hauteur du centre conservent la tension σ_1, celle de la fibre la plus intérieure devient $\sigma_1 - \zeta$ et celle de la fibre la plus extérieure devient $\sigma_1 + \zeta$.

Ainsi la tension la plus élevée que le câble ait à supporter, par millimètre carré de section de fil de fer, est $\sigma_1 + \zeta$. Le câble et ses poulies doivent être choisis de manière à ce que $\sigma_1 + \zeta$ n'excède pas un certain maximum. On voit que pour diminuer ζ il vaut mieux avoir un câble composé d'un grand nombre de petits fils que d'un nombre moindre de fils plus gros.

Si les fils sont en fer de bonne qualité, on peut très-bien pousser jusqu'à 15 kilogrammes la limite de $\sigma_1 + \zeta$.

Si par exemple un câble se compose de fils de 1 millimètre de diamètre et s'enroule sur des poulies de 4 mètres de diamètre la valeur de ζ sera

$$\zeta = 20000^{k} . \frac{1}{4000} = 5 \text{ kilog.},$$

en sorte qu'il restera $\sigma_1 = 10$ kil. disponibles pour l'effort moléculaire maximum résultant de la tension générale du câble.

La connaissance du nombre σ_1, et celle d'une valeur provisoire et approximative de T, permettent d'obtenir pour les calculs subséquents une valeur également provi-

---

son propre compte et a sa propre fibre neutre. S'ils étaient soudés ensemble, ils fléchiraient solidairement et auraient une fibre neutre en commun : l'effet ζ serait accru dans le rapport de Δ à δ.

soire du poids p du câble par mètre courant. En effet on a $\omega\sigma_1 = T$, donc $\frac{\omega\sigma_1}{p} = \frac{T}{p}$. Mais nous avons vu qu'on peut poser en moyenne $\frac{\omega}{p} = 104$. Par conséquent $104\sigma_1 = \frac{T}{p}$, d'où $p = \frac{T}{104\sigma_1}$.

8. Pour la détermination de la force du câble à employer, celle de son poids (§ 7) et celle des flèches des brins (§ 6), déterminations qui reviennent à chaque instant dans les tâtonnements auxquels l'étude d'une transmission un peu complexe donne lieu, il n'est pas du tout nécessaire de connaître les valeurs exactes des tensions, et d'ailleurs il ne serait pas possible de les connaître parce qu'elles dépendent en partie, comme on le verra, des éléments ci-dessus. On se contente des valeurs approchées qu'on obtient en négligeant les résistances passives et qui sont

$$\left.\begin{aligned} T &= \frac{\mu k}{\mu k - 1} . P = \frac{\mu k}{\mu k - 1} . \frac{75N}{v} \\ t &= \frac{1}{\mu k - 1} . P = \frac{1}{\mu k - 1} . \frac{75N}{v} \end{aligned}\right\} \qquad (6a)$$

On peut admettre en moyenne $\alpha = 0,95\,\varpi$, $f = 0,25$, d'où $k = e^{f\alpha} = 2,109$, $\frac{k}{k-1} = 1,902$, $\frac{1}{k-1} = 0,902$. Il en résulte que, en admettant pour μ une valeur très-peu inférieure à l'unité, ce qui est en général permis, on aurait :

$$\mu k = 2, \qquad \frac{\mu k}{\mu k - 1} = 2, \qquad \frac{1}{\mu k - 1} = 1.$$

Aussi, pour les déterminations dont il s'agit, pose-t-on simplement dans presque tous les cas :

$$T = 2P = \frac{150N}{v}, \qquad t = P = \frac{75N}{v}. \qquad (6b)$$

En général ce qui est donné ce n'est pas P, mais N. Alors il y a à fixer la valeur de v. Dans la plupart des installations actuelles v diffère peu de 20 mètres. Il est probable que ce nombre pourrait être porté à 30 mètres sans inconvénients.

9. Dans certains cas il peut être utile de déterminer les valeurs exactes des tensions en vue de vérifications relatives aux flèches et à la résistance du câble. Nous indiquerons la marche à suivre moins en raison de l'intérêt qu'offre cette recherche que pour ses conséquences relativement au rendement.

Pour plus de simplicité nous supposerons les forces P et Q appliquées aux circonférences mêmes des poulies A et B. Les rayons de celles-ci sont égaux puisqu'on ne se propose pas d'apporter de changement aux vitesses. Les quatre quantités r, r', R et R' sont donc égales. De plus $R = R'$ a pour conséquence $\rho = \rho'$. Les équations (4) et (5) deviennent donc en divisant par R :

$$P + t - T\left(1 + \frac{s\Delta^2}{R}\right) - f_1 \frac{\rho}{R} F = 0, \qquad (4a)$$

$$T - t\left(1 + \frac{s\Delta^2}{R}\right) - Q - f_1 \frac{\rho}{R} F' = 0, \qquad (5a)$$

et jointes à

$$\frac{T}{t} = \mu k, \qquad (3a)$$

résolvent théoriquement la question.

Leur emploi présente une difficulté provenant de la manière dont T et t figurent dans F et F'. En effet, si nous appelons φ et φ', ψ et ψ' les angles que les forces P, Q, T et t font respectivement avec l'horizontale, et G le poids d'une poulie avec son axe, nous avons

$$F = \sqrt{(P\cos\varphi + T\cos\psi + t\cos\psi')^2 + (P\sin\varphi + T\sin\psi + t\sin\psi' + G)^2},$$

$$F' = \sqrt{(Q\cos\varphi' + T\cos\psi + t\cos\psi')^2 + (Q\cos\varphi' + T\sin\psi + t\sin\psi' + G)^2}.$$

La connaissance des angles φ et φ' résulte des données de la question, celle de ψ et de ψ' des calculs relatifs aux flèches. En effet, $\psi = \text{arc tang}\,\frac{4h_1}{l}$, et $\psi' = \text{arc tang}\,\frac{4h_2}{l}$). On pourra éluder la difficulté par deux moyens basés sur la petitesse du coefficient $f_1\frac{\rho}{R}$ qui multiple F et F', et par conséquent sur la petitesse des erreurs qu'on commet sur les termes $f_1\frac{\rho}{R}F$ et $f_1\frac{\rho}{R}F'$ en remplaçant les éléments de F par leurs valeurs approchées. Le premier consiste à calculer numériquement F et F' en substituant à T et à t leurs valeurs approchées (6a) ou (6b), et en remplaçant Q par P, ou P par Q, suivant que P ou Q sera la donnée de la question. Alors F et F', au lieu d'être des fonctions irrationnelles des inconnues, seront des facteurs numériques connus. Le calcul de ces facteurs peut encore se faire graphiquement par la construction des polygones des forces (*fig.* 6a et 7a). Le second procédé consiste, vu la petitesse des angles ψ et ψ', à poser $\cos\psi$ et $\cos\psi' = 1$, $\sin\psi$ et $\sin\psi' = 0$, et à remplacer les expressions irrationnelles par les expressions rationnelles approchées

$$F = \lambda(P\cos\varphi + T + t) + \lambda'(P\sin\varphi + G),$$
$$F' = \lambda_1(Q\cos\varphi' + T + t) + \lambda'_1(Q\sin\varphi' + G),$$

où λ et λ', λ_1 et λ'_1 sont des coefficients numériques qui résultent de la notion préalable qu'on possède sur la grandeur *relative* des deux termes entre parenthèses (*). Cette notion préalable s'obtient en admettant pour T et t leurs valeurs approximatives et en faisant $Q = P$.

Envisageons maintenant une transmission à plusieurs

(*) On trouvera une table de ces coefficients à la page 413 de la dernière édition du *Cours de mécanique appliquée aux machines*, de Poncelet.

relais. L'équation du mouvement uniforme pour la première poulie sera toujours (4a). A l'égard de la deuxième poulie, c'est-à-dire de la poulie de la première station de relais, la puissance sera la différence $T-t$ des tensions des deux brins du premier câble, et la résistance la différence T_1-t_1 de celles des deux brins du second câble (*fig.* 5.) L'équation de son mouvement uniforme sera

$$T-t\left(1+\frac{s\Delta^2}{R}\right)+t_1-T_1\left(1+\frac{s\Delta^2}{R}\right)-f_1\frac{\rho}{R}F_1=0, \quad (14)$$

et ainsi de suite jusqu'à la dernière poulie pour laquelle l'équation sera identique à (5a) sauf que, au lieu de T et t, ce sont les tensions du câble du dernier relais qui y figurent. On recourra, pour éviter la difficulté relative à la forme irrationnelle des quantités F, au second des deux procédés ci-dessus, c'est-à-dire on posera successivement

$$F_1=\lambda_1(T-T_1+t-t_1)+\lambda'_1G,$$
$$F_2=\lambda_2(T_1-T_2+t_1-t_2)+\lambda'_2G.$$

et ainsi de suite. On pourra ainsi, en associant aux équations du mouvement des poulies l'équation (3a), calculer de proche en proche toutes les tensions.

Nous avons parlé du cas où une partie de la force motrice est distribuée en route par le moyen des stations de relais. Supposons que la station n° m serve à détacher le travail nécessaire pour surmonter une résistance Q_m agissant avec un bras de levier r. Si ce travail a une certaine importance, celui qui reste à transmettre le long de la ligne principale pourra être assez réduit pour qu'il vaille la peine de diminuer la force du câble à partir de cette station et par suite de le faire porter sur des poulies d'un diamètre $R_m < R$. L'arbre de la station portera alors, non une poulie à double gorge, mais deux poulies à simple gorge et de rayons différents, sans compter le tambour de rayon r

auquel s'applique la résistance Q. L'équation du mouvement de cet arbre sera

$$T_{m-1}R - t_{m-1}(R + s\Delta^2) + t_m R_m - T_m(R_m + s\Delta'^2) - Q_m r - \\ - f_1 \rho F_m = 0.....$$

ou en divisant par R

$$\left. \begin{array}{l} T_{m-1} - t_{m-1}\left(1 + \frac{s\Delta^2}{R}\right) + t_m \frac{R_m}{R} - T_m\left(\frac{R_m}{R} + \frac{s\Delta'^2}{R}\right) - \\ \qquad - Q_m \frac{r}{R} - f_1 \frac{\rho}{R} F_m = 0, \end{array} \right\} (15)$$

équation qui servira à déterminer t_m et T_m. On continuera à calculer ainsi de proche en proche avec le nouveau diamètre de câble Δ' et le rayon de poulies R_m jusqu'à ce qu'on arrive à une nouvelle station de relais où l'on détache de la force, et pour laquelle on aura à se servir d'une équation analogue à (15).

10. Le rapport $\frac{Q}{P}$ constitue le rendement de la transmission. On peut se faire une idée approximative de la valeur qu'il a en général.

En ce qui concerne la transmission simple, supposons que dans les équations (4a) et (5a) on remplace F et F' par les expressions approximatives qui contiennent T et t au premier degré, qu'au moyen de (3a) on élimine l'une des tensions, T ou t, puis qu'on élimine l'autre tension entre (4a) et (5a); on obtiendra une équation ne contenant que P, Q et des quantités connues. La présence de la quantité G empêche d'en extraire le rapport $\frac{Q}{P}$ en fonction de termes ne contenant ni Q ni P; on éviterait cette difficulté en négligeant G, mais on aurait toujours $\frac{Q}{P}$ en fonction des angles

φ et φ' qui ne peuvent être connus que pour chaque cas en particulier. Pour avoir une valeur de $\frac{Q}{P}$ à la fois suffisamment approchée et aussi générale que possible, il faut poser

$$F = P + T + t, \quad F' = Q + T + t.$$

Cela équivaut à négliger G et à supposer que les tensions T et t sont parallèles, ce qui est peu éloigné de la vérité, et que les forces P et Q agissent parallèlement à T et t dans le sens où elles contribuent à grossir F et F', afin d'atténuer l'erreur commise en négligeant G. En d'autres termes, c'est substituer aux polygones des forces des *fig.* 6*a* et 7*a* ceux des *fig.* 6*b* et 7*b*. Alors, en opérant comme il a été dit, on trouve

$$\frac{Q}{P} = \frac{\left(1 - f_1\frac{\rho}{R}\right)\left[\mu k\left(1 - f_1\frac{\rho}{R}\right) + \left(1 + f_1\frac{\rho}{R} + \frac{s\Delta^2}{R}\right)\right]}{\left(1 + f_1\frac{\rho}{R}\right)\left[\mu k\left(1 + f_1\frac{\rho}{R} + \frac{s\Delta^2}{R}\right) - \left(1 - f_1\frac{\rho}{R}\right)\right]}, \quad (16)$$

ou bien, en effectuant les multiplications indiquées et observant que $f_1\frac{\rho}{R}$ et $\frac{s\Delta^2}{R}$ sont des quantités assez petites pour que leur produit et leurs carrés soient négligeables,

$$\frac{Q}{P} = \frac{\mu k - 1 - \left(2\mu k f_1\frac{\rho}{R} + \frac{s\Delta^2}{R}\right)}{\mu k - 1 + \mu k\left(2 f_1\frac{\rho}{R} + \frac{s\Delta^2}{R}\right)}. \quad (16a)$$

Les quantités figurant dans cette expression sont susceptibles de valeurs générales à l'exception de $\frac{\Delta^2}{R}$. Nous pou-

vons admettre

$$\alpha = 0{,}95\varpi, \quad f = 0{,}20, \quad \text{d'où} \quad k = e^{f\alpha} = 1.816;$$

$$\mu = 0{,}9, \quad \text{d'où} \quad \mu k = 1.634, \quad f_1 = 0{,}09, \quad \frac{\rho}{R} = \frac{1}{30},$$

d'où

$$f_1 \frac{\rho}{R} = 0{,}003.$$

Quant à la raideur, *Redtenbacher* (*) donne $s = 29$ (si Δ et R sont exprimés en mètres). Nous admettrons ce chiffre quoiqu'il nous paraisse exagéré pour les câbles à âmes en chanvre.

Supposons $\Delta = 0^m{,}025$ et $R = 2^m{,}25$. Nous aurons $\frac{s\Delta^2}{R} = 0{,}008$.

Avec ces données la valeur numérique du rendement sera

$$\frac{Q}{P} = \frac{0{,}634 - (2 \times 1.634 \times 0{,}003 + 0{,}008)}{0{,}634 + 1.634\,(2 \times 0{,}003 + 0{,}008)} = 0{,}938.$$

Le chiffre élevé admis pour le coefficient de roideur et le chiffre faible (**) admis pour f sont défavorables au rendement. Aussi le résultat ci-dessus est plutôt une limite inférieure.

Le rendement d'une transmission par relais successifs s'exprimera par

$$\frac{Q}{P} = \frac{T - t}{P} \cdot \frac{T_1 - t_1}{T - t} \cdot \frac{T_2 - t_2}{T_1 - t_1} \cdots\cdots \frac{Q}{T_m - t_m},$$

en admettant que m représente le nombre des stations de

(*) *Traité de la construction des organes des machines.*

(**) Malgré la compressibilité des garnitures des gorges, les câbles sont dans des conditions d'adhérence plutôt moins bonnes que celles des courroies. On les enduit quelquefois d'une composition résineuse destinée non-seulement à les préserver de la rouille, mais encore à augmenter le frottement.

relais. On peut dans chaque cas calculer arithmétiquement les rapports partiels dont le rendement est le produit, mais non le représenter par une formule algébrique en fonction des données. Toutefois on peut remarquer que le premier et le dernier de ces $m+2$ rapports ont un produit qui est identique au second membre de (16) pour les mêmes données. Vu l'analogie entre les équations, telles que (14), relatives aux poulies intermédiaires et les équations (4*a*) et (5*a*), les produits du deuxième et de l'avant-dernier rapport et ainsi de suite (ainsi que le rapport figurant au milieu de la série, si m est impair) sont certainement très-peu différents de cette même quantité. Il en résulte que $\left(\frac{Q}{P}\right)^{\frac{m+2}{2}}$ sera une expression très-approchée du rendement de la transmission par relais, $\frac{Q}{P}$ étant la valeur du rendement d'une transmission simple pour les mêmes données, et m étant le nombre des stations de relais.

On remarquera dans ce qui précède un caractère important des transmissions par câbles. C'est que leur rendement dépend uniquement du frottement des axes des poulies dans leurs supports et de la roideur du câble, et que la distance à franchir n'intervient que par le nombre des relais qu'elle nécessite.

Il est évident que le rendement sera diminué par l'introduction de poulies de support et par celle d'engrenages d'angle, quand les circonstances les rendront nécessaires.

La grandeur du module d'élasticité du fil de fer comparé à celui du cuir (20.000 pour le fer, et 15 pour le cuir, par millimètre carré) fait qu'on n'a pas à redouter pour les câbles la perte de vitesse qui, dans les transmissions par courroies, résulte des allongements et raccourcissements de

celles-ci (*). Toutefois ce bénéfice ne peut être entièrement acquis pour un câble neuf que lorsqu'il a travaillé quelque temps et fait son premier effort.

11. Jusqu'ici nous avons envisagé une transmission entre deux axes situés au même niveau. Il pourra fréquemment arriver que les axes soient situés à des niveaux différents. Dans ce cas les deux brins du câble ne dessinent plus une courbe symétrique par rapport à la verticale située à mi-distance des deux axes, et les deux extrémités d'un même brin ne sont plus soumises à des tensions égales.

Dans le cas de la transmission horizontale, la courbe d'un brin de câble est entièrement déterminée par la portée l et la flèche h. Dans celui de la transmission inclinée, il faut adjoindre à la portée l et à la différence de niveau H des deux points de suspension (qu'on peut considérer comme respectivement égales aux distances horizontale et verticale des deux axes) une troisième donnée qui est le coefficient angulaire n de la tangente au point de suspension inférieur A. Ce nombre sera positif ou négatif suivant que cette tangente coupera la verticale du point de suspension supérieur B au-dessus ou au-dessous de l'horizontale menée par l'inférieur.

Si le rapport $\frac{H}{l}$ est suffisamment petit, on pourra attribuer au câble la forme d'une parabole dont l'équation, rapportée au point inférieur comme origine (*fig.* 8), a pour équation

$$y = \frac{px^2}{2S_0} + nx, \qquad (17)$$

S_0 étant la tension au point, réel ou fictif, où la tangente est horizontale.

(*) Voyez le mémoire de M. Kretz sur ce sujet (*Annales des mines*, 1862).

De la nature de la courbe il résulte que n positif est nécessairement $< \frac{H}{l}$, tandis que les valeurs négatives de n n'ont pas de limite. Mais les distances H et l étant données, les valeurs absolues croissantes de n négatif correspondent à des paraboles de plus en plus allongées et que l'on peut de moins en moins substituer à la courbe réelle. De plus, à égalité de valeur absolue, n négatif donne une parabole plus allongée que n positif (voy. la *fig.* 8, où les deux paraboles sont tracées et où les lettres accentuées se rapportent à n négatif). Aussi les valeurs admissibles de n sont encore plus limitées en dessous de o qu'en dessus.

L'équation (17) étant vérifiée par $x = l$ et $y = H$, on a

$$H = \frac{pl^2}{2S_0} + nl,$$

d'où

$$S_0 = \frac{pl^2}{2(H - nl)}, \qquad (18)$$

et l'équation de la courbe peut s'écrire

$$y = \frac{H - nl}{l^2} . x^2 + nx. \qquad (17a)$$

La courbe coupe l'axe des x au point E correspondant à l'abscisse

$$x_0 = - \frac{nl^2}{H - nl},$$

et le sommet U correspond à $x = \frac{1}{2} x_0$. Si n est négatif, le sommet est entre les deux points de suspension; si n est positif, il est en dehors, et par conséquent n'appartient pas à la portion de courbe que le câble dessine.

La tension en un point quelconque est

$$S = \sqrt{S^2_0 + p^2\left(x - \frac{1}{2} x_0\right)^2} = S_0 \sqrt{1 + \frac{p^2}{S^2_0}\left(x - \frac{1}{2} x^0\right)^2}.$$

Au point de suspension inférieur, elle est

$$S_1 = \frac{pl^2}{2(H - nl)}\sqrt{1 + n^2}, \qquad (19)$$

valeur qui se retrouve au point E' dans le cas de n négatif. Au point de suspension supérieur elle devient

$$S_2 = \frac{pl^2}{2(H - nl)}\sqrt{1 + \left(\frac{2H}{l} - n\right)^2} \qquad (20)$$

Si l'on fait varier n graduellement depuis une valeur négative quelconque jusqu'à sa plus grande valeur positive, les tensions S_0, S_1 et S_2 vont progressivement en croissant. Pour le maximum de n positif, c'est-à-dire pour $n = \frac{H}{l}$, ce qui correspond à un câble rectiligne, les valeurs des tensions deviennent infinies : c'est l'analogue du paradoxe déjà signalé.

On peut encore évaluer d'une manière très-simple les différences entre les tensions correspondant aux divers points. La courbe du câble, rapportée à son sommet U, a pour équation (voy. *fig.* 9 pour n positif)

$$y' = \frac{H - nl}{l^2} x'^2,$$

ou en tenant compte de la valeur de S_0

$$y' = \frac{p}{2S_0} x'^2.$$

Portons sur l'axe des y en dessous de U une longueur $\overline{UV}$ égale à $\frac{S_0}{p}$, c'est-à-dire à la longueur de câble dont le poids

serait égal à la tension S_0, et prenons V pour nouvelle origine. L'équation de la courbe deviendra

$$y'' = \frac{S_0}{p} + \frac{p}{2S_0} x'^2. \qquad (21)$$

Nous avons vu que la tension en un point quelconque est

$$S = S_0 \sqrt{1 + \frac{p^2}{S_0^2}\left(x - \frac{1}{2}x_0\right)^2} = S_0 \sqrt{1 + \frac{p^2}{S_0^2} x'^2}.$$

Mais dans les limites où l'adoption de la parabole est permise, le rapport $\frac{p}{S_0}$ est assez petit pour que l'on puisse écrire

$$S = S_0 \left(1 + \frac{p^2}{2S_0^2} x'^2\right),$$

d'où $$\frac{S}{p} = \frac{S_0}{p}\left(1 + \frac{p^2}{2S_0^2} x'^2_0\right) = \frac{S_0}{p} + \frac{p}{2S_0} x'^2.$$

Comparant avec (21), on voit que

$$\frac{S}{p} = y''.$$

Ainsi l'ordonnée d'un point quelconque de la courbe, comptée à partir de la nouvelle origine V, est approximativement égale à la longueur de câble dont le poids serait identique à la tension en ce point (*). On en conclut, en appelant y''_1 et y''_2 les ordonnées des points A et B par rapport à l'origine V,

$$\left.\begin{array}{c} S_1 - S_0 = p(y''_1 - \overline{UV}); \quad S_2 - S_0 = p(y''_2 - \overline{UV}), \\ S_2 - S_1 = p(y''_2 - y''_1) = pH, \end{array}\right\} \quad (22)$$

(*) On sait que la chaînette possède cette propriété d'une manière rigoureuse.

en sorte que, la tension étant connue pour un des points du câble, on en déduit au moyen des différences de niveau les tensions pour les autres points sans plus avoir à se préoccuper de la quantité n.

Pour résoudre le problème inverse, c'est-à-dire si l'on cherche quelle figure le câble devra avoir pour réaliser à une de ses extrémités une tension donnée, on résoudra par rapport à n une des équations (19) et (20). Le calcul donnera pour n deux valeurs et l'on discernera facilement laquelle convient à la question. Du reste c'est toujours la tension S_0 au point inférieur A qui est donnée.

12. Quand le rapport $\frac{H}{l}$ n'est pas suffisamment petit, on est obligé d'envisager la forme rigoureuse du câble, c'est-à-dire la chaînette, dont l'équation rapportée au point A est

$$\left.\begin{aligned} y = \frac{S_0}{2p}\Big[&\left(\sqrt{n^2+1}+n\right)\left(e^{\frac{px}{S_0}}-1\right)+\\ &+\left(\sqrt{n^2+1}-n\right)\left(e^{-\frac{px}{S_0}}-1\right)\Big]\end{aligned}\right\} \quad (23)$$

d'où l'on déduit

$$\frac{dy}{dx}=\frac{1}{2}\left[\left(\sqrt{n^2+1}+n\right)e^{\frac{px}{S_0}}-\left(\sqrt{n^2+1}-n\right)e^{-\frac{px}{S_0}}\right].$$

On a alors

$$S_1=S_0\sqrt{1+n^2},\qquad S_2=S_0\sqrt{1+\left(\frac{dy}{dx}\right)_l^2},$$

$\left(\frac{dy}{dx}\right)_l$ étant la valeur de $\frac{dy}{dx}$ pour $x=l$. La détermination de S_1 et de S_2 quand n est donné nécessite préalablement celle de S_0, ce qui exige des tâtonnements pour lesquels

une table d'antilogarithmes naturels, ou tout au moins de logarithmes naturels, est indispensable.

Les tâtonnements sont encore plus laborieux lorsque S_1 est donné et qu'il s'agit de déterminer n et S_2, ce qui exige encore le calcul de S_0.

L'indication de la marche à suivre serait superflue. Cependant le mode de calcul ci-après pourra servir à abréger la recherche de la valeur de S_0 qui correspond à une valeur donnée de n, recherche qui se présente quand n est la donnée.

Posons pour abréger $\frac{S_0}{p} = q$. L'équation (23) représentera la chaînette AB (*fig.* 10), si l'on choisit la valeur de q de telle sorte qu'elle soit satisfaite par $y = H$ et $x = l$; cette valeur de q correspond à la vraie valeur de S_0. Supposons qu'on donne à q une autre valeur q'; l'équation représentera une autre chaînette AB' tangente comme la première à AT au point A. En y faisant $x = l$, la valeur correspondante y' de y sera l'ordonnée $\overline{B'M}$ qui sera $> \overline{BM} = H$ si q' pèche par défaut, et $< H$ si q' pèche par excès. A l'écart $\overline{B'B} = y' - H$, que nous désignerons par Δy, correspond l'écart Δq (de signe contraire à Δy) entre q' et la vraie valeur de q; si l'on pouvait calculer exactement Δq au moyen de Δy, on aurait $q = q' + \Delta q$. Si Δy était infiniment petit on aurait rigoureusement

$$\Delta y = \left(\frac{dy}{dq}\right)\Delta q, \quad \text{d'où} \quad \Delta q = \frac{\Delta y}{\left(\frac{dy}{dq}\right)},$$

en faisant $x = l$ et $q = q'$ dans $\frac{dy}{dq}$; mais comme Δy est fini, cette dernière relation donnera, non la vraie valeur de l'erreur Δq, mais seulement une valeur approchée, en sorte que $q' + \Delta q = q' + \frac{\Delta y}{\left(\frac{dy}{dq}\right)} = q''$ ne sera pas la valeur vraie de

q, mais une valeur plus approchée que q'. La substitution de q'' dans l'équation (23) donnera pour $x=l$ une valeur de y'' encore différente de H, mais moins écartée. Au nouvel écart Δy correspondra un nouvel écart $\Delta q = \frac{\Delta y}{\left(\frac{dy}{dq}\right)}$ (en faisant, dans $\frac{dy}{dq}$, $x=l$ et $q=q''$). Alors $q''+\Delta q=q'''$ sera encore plus approché de q et d'une exactitude généralement suffisante.

Dans le calcul de y et de $\frac{dy}{dq}$, il est préférable de remplacer les équations exponentielles par les équations algébriques obtenues en développant en série $e^{\frac{x}{q}}$ et $e^{-\frac{x}{q}}$. On aura ainsi

$$y = q \left\{ \begin{array}{c} \sqrt{n^2+1}\left(\frac{x^2}{2q^2}+\frac{x^4}{24q^4}+\frac{x^6}{720q^6}+\right. \\ \left. +\frac{x^8}{40320q^8}+\ldots\right)+n\left(\frac{x}{q}+\frac{x^3}{6q_3}+\right. \\ \left. +\frac{x^5}{120q^5}+\frac{x^7}{5040q^7}+\ldots\right) \end{array} \right\} \quad (23a)$$

De même

$$\left. \begin{array}{c} \frac{dy}{dq} = -\sqrt{n^2+1}\left(\frac{x^2}{2q^2}+\frac{x^4}{8q^4}+\frac{x^6}{144q^6}+\right. \\ \left. +\frac{x^8}{5760q^8}+\ldots\right)-n\left(\frac{x^3}{3q^3}+\frac{x^5}{30q^5}+\frac{x^7}{840q^7}+\ldots\right) \end{array} \right\} \quad (24)$$

La première valeur de q' à essayer est celle qui correspond à la forme parabolique, savoir $\frac{l^2}{2(H-nl)}$; elle est toujours trop faible.

Quand on cherche n, on a à essayer entre les systèmes de valeurs de q et de n satisfaisant à l'équation $S_1 = pq\sqrt{1+n^2}$

celui qui dans l'équation (23) donne $y = H$ pour $x = l$; on a également avantage à se servir de (23a)

13. Les équations du mouvement des poulies sont les mêmes pour une transmission inclinée que pour une transmission horizontale, avec cette différence que, la tension n'étant plus la même aux deux extrémités d'un même brin, T et t devront être remplacés par T' et t' dans l'équation relative à la poulie conduite. Au lieu d'envisager le système des équations (4a) et (5a) ainsi modifié, nous pouvons, pour ce qui va suivre, négliger les résistances passives et écrire simplement

$$T - t = T' - t' = Q = P.$$

Le plus souvent la poulie conductrice occupera la position inférieure, car une transmission inclinée est généralement motivée par la nécessité d'utiliser sur un plateau une force hydraulique recueillie au fond d'une vallée où l'espace manque.

Alors on a $T < t$ et $T' < t'$, d'après ce qui a été dit aux §§ 11 et 12. Cela veut dire que l'équation (3a) sera applicable, non à T' et t', mais à T et t seulement, et qu'on en déduira les conditions (6a), ou plus simplement $T = 2P$, $t = P$.

T sera la valeur de S_1 pour le brin conducteur; on en déduira la valeur de n relative à ce brin; n étant connu, on calculera la valeur de S_2, et l'on saura que $T' = S_2$. De même, en mettant un accent aux lettres S et n pour le brin conduit, on aura $S'_1 = t$; on en déduira n' (qui sera $< n$ en tenant compte du signe) et par suite S'_2, et l'on saura que $t' = S'_2$.

Mais il se présente la difficulté suivante : D'une part, comme on vient de le voir, T' et t' sont complétement déterminées par T et t en vertu de la loi de variation des tensions le long du câble. D'autre part, pour le mouvement uniforme des deux poulies, on doit avoir $T' - t' = T - t$.

Ces deux conditions ne sont pas nécessairement compatibles. En effet, la seconde équivaut à $T'-T=t'-t$, c'est-à-dire à $S_2-S_1=S'_2-S'_1$. Cette dernière égalité est rigoureusement impossible, car les deux membres sont les valeurs qu'une fonction explicite ou implicite de n prend pour deux valeurs différentes de cette variable alors que toutes les autres quantités dont elle dépend demeurent constantes.

Dans le cas d'une transmission très-peu inclinée et comportant l'assimilation de la courbe à une parabole, les deux conditions peuvent se concilier avec une exactitude suffisante. En effet, lorsque cette assimilation est possible, l'arc de parabole qu'on envisage a très-peu d'amplitude (en appelant de ce nom l'angle des tangentes extrêmes); et l'on a vu que dans ces limites-là la différence entre les tensions en deux points est égale au produit de p par leur différence de niveau. Les différences S_2-S_1 et $S'_2-S'_1$ étant toutes deux indépendantes de n et égales à pH, remplissent la condition $T'-t'=T-t$.

Mais pour une transmission très-inclinée la condition ne sera pas remplie et l'on sera réduit à chercher par tâtonnements les conditions qui rendent l'écart le moindre que possible. L'existence d'un écart rend nécessairement la transmission saccadée et irrégulière. Il est à présumer que cet inconvénient est le plus sensible lorsque les tensions T et t ont leurs valeurs strictement suffisantes pour assurer la communication du mouvement de la poulie motrice au câble, et que par conséquent il convient de leur attribuer des valeurs plus grandes que celles qui résultent de l'emploi de la condition (3a). On peut y arriver soit en augmentant n, soit en donnant au poids p par mètre courant une valeur plus grande que celle qui correspond à la résistance nécessaire. Celui de ces deux moyens qui permettra de diminuer le plus l'écart entre $T-t$ et $T'-t'$ devra être préféré.

Les transmissions très-inclinées sont donc peu avantageuses ; c'est pourquoi l'on cherche autant que possible à les éviter.

Ici, comme pour les transmissions horizontales, on réalise les tensions nécessaires en donnant au câble la longueur qui leur correspond. Seulement on ne peut pas éliminer algébriquement n de manière à avoir la longueur de l'arc en fonction de la tension à l'une de ses extrémités. Il faut dans chaque cas faire le calcul arithmétiquement en introduisant la valeur numérique de n.

Si la forme parabolique est admissible, comme l'amplitude de l'arc envisagé est très-petite, on peut représenter l'arc compté à partir du sommet par l'expression approximative $x' + \frac{2}{3}\frac{y'^2}{x'}$, x' et y' étant les coordonnées de l'extrémité de l'arc par rapport à son sommet. Il est alors facile d'évaluer arc AB $=$ arc UB $\mp$ arc UA (suivant que n est positif ou négatif), car x' et y' sont connus pour chacun des points A et B.

Si au contraire il faut recourir à la forme de la chaînette, le calcul est encore plus simple. En effet, en vertu d'une propriété de cette courbe, on a arc AB $= \frac{S_0}{p}\left(\frac{dy}{dx} - n\right)$, $\frac{dy}{dx}$ étant calculé pour le point B et n étant pris avec son signe.

14. Quand on sait que le câble d'une transmission inclinée aura à supporter une tension T à l'extrémité inférieure de son brin conducteur, et qu'on veut calculer la tension correspondante T′ à l'extrémité supérieure, il est nécessaire de connaître le poids linéaire p. Ce poids doit être fixé de manière à ce que le câble puisse résister, non-seulement à T, mais aussi à T′, qui est plus grand et qui est encore inconnu. Aussi il faudra admettre pour p une valeur p' supérieure à $\frac{T}{104\sigma_1}$ et vérifier, après le calcul de T′,

si l'effort par millimètre carré $\frac{T'}{\omega}$ est égal, ou du moins n'est pas supérieur à σ_1.

Dans le cas d'une transmission très-peu inclinée, la valeur de p' qui convient pour T' peut être trouvée *a priori*. En effet on doit avoir $p' = \frac{T'}{104\sigma_1}$. Mais on sait dans ce cas-là que $T' = T + p'H$. Donc

$$p' = \frac{T + p'H}{104\sigma_1},$$

d'où l'on tire

$$p' = \frac{T}{104\sigma_1 - H}. \qquad (25)$$

Que la transmission soit inclinée ou horizontale, la valeur du poids linéaire p, déterminée par la relation empirique $\frac{\omega}{p} = 104$, n'est qu'une valeur provisionnelle destinée à faciliter les études.

Une fois le choix du câble fait et connaissant par conséquent la valeur effective de $\omega = \frac{\varpi}{4}\delta^2 i$ et celle de p, il faut se servir de la première pour vérifier les tensions par millimètre carré au moyen de (12), et de la seconde pour vérifier les valeurs des flèches au moyen de (7).

Du reste, il y a un élément du câble dont le choix doit généralement se faire de prime abord : c'est le diamètre δ des fils de fer. Ce choix doit se faire en même temps que celui du rayon R des poulies, avec lequel il est connexe. C'est en effet du rapport $\frac{\delta}{R}$ que dépend le chiffre qu'on pourra attribuer à σ_1 : plus on diminuera $\frac{\delta}{R}$, plus grande sera la valeur admissible pour σ_1 qui constitue le véritable *effort utile*, plus on pourra prendre le câble faible.

15. Il est difficile d'assigner une limite précise à la longueur d'un relais de transmission. On peut cependant dire que cette limite n'est pas inférieure à 200 mètres. Le câble peut très-bien avoir une portée semblable sans aucun appui intermédiaire si les circonstances le requièrent ; mais d'autre part il peut arriver que la configuration du sol soit telle que la place manque pour la flèche des brins. Si le défaut de place n'est pas grand, un simple déblai pourra suffire. Mais le plus généralement, à moins de donner aux piliers des stations de relais une hauteur exagérée, on est obligé d'intercaler des piliers secondaires portant des poulies d'appui.

Le brin conducteur, ayant moins de flèche que l'autre, nécessiterait des poulies d'appui en moindre nombre, mais il faudrait les disposer en d'autres endroits, ce qui multiplierait d'une manière coûteuse le nombre des piliers. Aussi en général soutient-on également les deux brins au moyen de piliers portant deux poulies superposées; l'une pour un brin, l'autre pour l'autre.

On donne aux poulies qui supportent le brin conducteur un diamètre égal à celui des poulies principales, afin de ne pas augmenter l'effort ζ dû à la flexion. Quant au brin conduit, comme il supporte du fait de la tension générale un effort $\sigma_2 < \sigma_1$, on peut l'infléchir sur des poulies d'un rayon $R_1 < R$. En admettant que 15 kilog. soit la limite de la somme des deux efforts, on devra avoir, pour atteindre cette limite sans la dépasser,

$$\sigma_2 + E\frac{\delta}{2R_1} = 15,$$

ce qui donne pour R_1

$$R_1 = \frac{E\delta}{2(15 - \sigma_2)}. \qquad (26)$$

Les poulies, soit de relais, soit de support, doivent être parfaitement alignées les unes avec les autres, de manière

à ce que leurs plans médians coïncident aussi exactement que possible.

Les jantes (*fig.* 11*a*), soit des unes, soit des autres, sont creusées d'une gorge ayant la forme d'un V à pointe arrondie. Au fond de la gorge est une rainure en queue d'aronde dans laquelle on mate soit du bois, soit du cuir, soit de la gutta-percha, soit de la ficelle, de manière à former une surface qui donne l'adhérence voulue. Quand les poulies des relais sont à deux gorges, les côtés internes de celles-ci sont moins inclinés que les côtés externes, afin que la nervure médiane qui les sépare ne soit pas trop massive. (*fig.* 11*b*.)

Nous avons dit que les poulies ont des diamètres considérables. A Schaffouse, elles ont $4^{m},50$; à Bellegarde $5^{m},50$. Aussi, pour faciliter leur transport et leur montage, on les fond en deux pièces. La grandeur de leur poids augmente nécessairement les pertes de travail dues au frottement des coussinets. Mais, en ce qui concerne les poulies extrêmes et de relais, elle favorise la régularité du mouvement en leur faisant jouer le rôle de volants. Cet avantage n'existe pas pour les poulies de support; aussi doit-on chercher à diminuer leur poids autant que possible, et essayer l'emploi du fer et de la tôle dans leur construction.

16. On peut vouloir que la transmission, tout en étant unique, se fasse au moyen de deux câbles individuellement assez forts pour pouvoir transmettre chacun la totalité du travail, afin que, en cas de rupture de l'un, l'autre continue à fonctionner. L'arbre moteur portera alors deux poulies A et A′ et l'arbre suivant portera deux poulies B et B′, A et B étant destinées à l'un des câbles, A′ et B′ à l'autre. Si par suite de la construction primitive, ou par suite d'une différence d'usure des garnitures des gorges, l'identité des rayons des quatre poulies est altérée de manière à amener une inégalité entre les rapport $\frac{\text{rayon de B}}{\text{rayon de A}}$ et $\frac{\text{rayon de B}'}{\text{rayon de A}'}$,

l'identité des vitesses périphériques ne pourra pas exister à la fois pour A et B et pour A′ et B′, et il en résultera un glissement qui sera préjudiciable à la fois à la régularité de fonctionnement et à la conservation des câbles et des garnitures. Cet inconvénient est évité par la disposition suivante, imaginée par M. Ziegler, ingénieur principal de la maison J. J. Rieter à Winterthur, et appliquée par lui à Schaffouse. (Voy. *fig.* 12.)

Tandis que les deux poulies B et B′ sont calées sur leur arbre, A et A′ sont folles sur le leur, ainsi que les deux roues dentées coniques *a* et *a′* qui font respectivement corps avec elles. Dans l'intervalle séparant celles-ci, l'arbre porte deux tourillons en croix et deux roues dentées *c* et *c′* folles sur les tourillons et engrenant à la fois avec *a* et *a′*. C'est par l'entremise de ces tourillons et des roues *c* et *c′* que le mouvement de l'arbre est communiqué aux poulies. Rien ne s'oppose alors à ce que les deux câbles, tout en demeurant solidaires quant à la transmission de la force, prennent des vitesses différentes. La différence de leurs vitesses se manifeste par la rotation des roues *c* et *c′* sur leurs tourillons respectifs; cette rotation est nulle en cas d'égalité rigoureuse; elle peut n'être que de quelques dents par jour.

Rien n'empêcherait d'appliquer cette disposition à l'arbre des poulies B et B′ plutôt qu'à celui de A et de A′. Il est évident qu'elle doit être répétée à l'une des extrémités de chaque relais, peu importe laquelle, tant que le câble est double. Autant que possible il faut profiter pour cela des stations à changement de direction puisqu'elles comportent nécessairement deux arbres distincts.

Cette même disposition trouve encore son application, mais seulement à l'égard du premier arbre moteur, lorsque celui-ci est le point de départ de deux transmissions entièrement distinctes l'une de l'autre.

17. La transmission par câbles, envisagée au point de

vue de la distribution du travail mécanique entre différents preneurs, n'exige pour chacun d'eux d'autre récepteur de force qu'un organe de transmission ordinaire, soit funiculaire, soit rigide.

Supposons, pour fixer les idées, que l'arbre d'une station de relais quelconque serve à mettre en mouvement un arbre horizontal et que celui-ci longe un bâtiment subdivisé en ateliers et soit destiné à distribuer de la force à ces divers ateliers. Chacun de ceux-ci aura ses outils commandés par un arbre spécial, et ces arbres principaux d'atelier seront, à l'égard de l'arbre général, ce que les divers outils d'une même usine sont à l'égard de l'arbre principal qui les commande. La distribution de force consistera donc simplement à relier l'arbre principal de chaque atelier à l'arbre général par une transmission ordinaire, calculée de manière à donner au premier la vitesse la plus convenable pour le genre de travail à effectuer.

Ce qui est réglé ainsi ce sont les vitesses relatives des arbres spéciaux aux divers preneurs, mais non les quantités absolues de travail qui leur sont respectivement allouées. Ces quantités peuvent être approximativement connues *a priori* par les notions qu'on a sur les machines-outils qu'un preneur fait marcher et sur le travail que chacune d'elles est censée consommer en moyenne; mais elles ne sont pas limitées de fait. Le possesseur d'un moteur isolé ne peut dépenser plus de travail que son moteur ne lui en donne. Mais le preneur de force, dans notre hypothèse, puise dans un réservoir très-vaste; il peut mettre en jeu dans son atelier une résistance plus grande que celle qui lui est allouée, en subissant lui-même et faisant subir aux autres une réduction proportionnelle de vitesse d'autant plus faible que le travail de son propre atelier est une plus petite aliquote de l'ensemble. Gagnant ainsi en force bien plus qu'il ne perd en vitesse, il consomme plus de travail qu'il n'en a le droit.

A cet égard une transmission funiculaire est préférable, pour desservir chaque concession particulière, à un engrenage ou à toutes transmissions rigides. En effet, avec celles-ci, l'abus ou la fraude n'a d'autre limite matérielle que la résistance de l'organe à la rupture. Mais la force qu'un organe funiculaire peut transmettre, la vitesse étant donnée, dépend de sa tension : si donc celle-ci est convenablement réglée et demeure sous le contrôle du vendeur, la résistance ne pourra s'accroître au delà d'une limite assez restreinte sans que le glissement s'opère et que la communication du mouvement s'interrompe.

Pour avoir dans une distribution de force par câbles un appareil de limitation analogue à ce qu'est le robinet de jauge dans l'un des systèmes de distribution d'eau, il faudrait que, pour chaque preneur, la poulie (ou la roue dentée) montée sur l'arbre général se composât d'un noyau calé sur cet arbre et d'une couronne folle sur le noyau, et que la communication se fît par le moyen d'un goujon planté sur le noyau et d'un ressort fixé à la couronne. Le ressort devrait être réglé de manière à être entraîné par le goujon aussi longtemps qu'il ne lui opposerait qu'une certaine résistance, mais à être franchi par lui aussitôt que la résistance-limite serait dépassée. Cette disposition serait peut-être réalisable pour de petites forces et pour certaines limites de vitesse ; mais on ne peut pas dire que le besoin d'un appareil de ce genre se soit réellement manifesté dans les applications faites jusqu'à ce jour.

Genève, août 1874.

NOTICE NÉCROLOGIQUE SUR M. ÉD. DE BILLY

INSPECTEUR GÉNÉRAL DES MINES

Par M. le Général de CHABAUD LA TOUR.

EXTRAIT.

Le samedi saint, 4 avril, à dix heures et demie du soir, dans la tranchée de Périgny, à 5 kilomètres de Dijon, le train express venant de Lyon heurtait un train de marchandises en détresse, dont le conducteur avait négligé de faire les signaux prescrits en pareil cas. Cet employé s'était, dit-on, endormi; il a payé sa faute de la vie! Huit wagons de marchandises sont brisés. Dans l'express, une chaîne s'est rompue ; les voitures des voyageurs ont été violemment repoussées en arrière, et leurs vies sont sauvées. Une seule voiture a été endommagée; dans cette voiture, le devant du coupé est fracassé. M. Édouard de Billy y dormait sur les coussins; il en est précipité par le contre-coup, serré et retenu entre les bouilloires d'eau chaude et les débris du coupé. On le retire avec peine en achevant d'enfoncer le devant du coffre de la voiture; on l'examine : il a les côtes brisées, la poitrine oppressée. Cependant il parle; il répond aux questions d'un ecclésiastique qui, animé de l'esprit de charité chrétienne qui est l'apanage de sa robe, lui apporte des consolations; il indique ses souffrances qui sont cruelles, quand tout à coup la parole cesse et la vie s'échappe!

On transporte le corps inanimé de M. de Billy à Dijon; c'est là que ses fils, partis sur l'heure de Paris, en apprenant par une dépêche télégraphique la catastrophe, ont retrouvé leur père, le visage encore serein et résolu. C'est

là aussi qu'en présence des ingénieurs résidant à Dijon et des membres du consistoire de l'Église réformée et avant la fermeture du cercueil, M. le pasteur Veysson a prononcé quelques paroles émues d'adieu, de consolation, d'exhortation et d'espérance.

Édouard de Billy était né le 26 mai 1802 à Anvers, département des Deux-Nèthes, où le général de Billy, son père, avait un commandement. Quatre ans après, le 14 octobre 1806, le général de Billy était tué glorieusement sur le champ de bataille d'Iéna; et son nom, désormais historique, était donné à l'un des quais de la Seine à Paris.

L'impression profonde produite sur le cœur du jeune enfant, par la mort héroïque de son père, ne fut pas perdue pour l'adolescent, et, pendant tout le cours de ses études comme pendant sa longue et belle carrière, le sentiment austère du devoir, celui de la responsabilité du nom qu'il portait, fortifiés par une éducation toute chrétienne, ne cessèrent d'animer Édouard de Billy et d'être la règle de sa conduite.

Entré à l'École polytechnique en 1820, il y fut bientôt aimé de tous, et il y noua, avec l'élite des élèves de sa promotion, les liens de solides amitiés qui ne se sont jamais relâchés.

Après deux années des études, on peut dire les plus passionnées, Édouard de Billy sortait dans un des premiers rangs de cette célèbre École, et il entrait dans cette belle carrière des ingénieurs des mines, que se disputent chaque année les têtes de promotions.

Chargé, en 1826, du service d'arrondissement dans les départements du Haut-Rhin et des Vosges, il s'y consacra jusqu'en 1834, sans autre interruption que celle occasionnée par un voyage fait en Angleterre, dans le but d'y étudier l'exploitation des mines, la géologie et les établissements métallurgiques du pays.

Édouard de Billy fut autorisé, en 1834, à accepter la proposition qui lui fut faite par la compagnie des forges et fonderies d'Alais de prendre la direction de ses établissements. Les affaires de cette compagnie étaient alors dans un état de crise qui pouvait amener une liquidation. De Billy releva tous les courages par l'habileté et la fermeté des mesures qu'il sut prendre, et il put, au bout de deux années, rentrer dans le service de l'État, en laissant ce bel établissement solidement assis sur les bases d'une prospérité durable.

Rappelé dans l'arrondissement minéralogique de Colmar, où il eut à remplir les fonctions ordinaires de l'ingénieur des mines, de Billy fut en même temps chargé, par décision du 9 avril 1836, de la confection de la carte géologique des Vosges. Ce remarquable travail fut terminé et publié en 1852 ; il associa plus intimement notre ami à cette grande œuvre de la carte géologique de France, dans laquelle il avait été pendant quatre années, depuis 1826 à 1829, le collaborateur des Élie de Beaumont et des Dufrénoy.

De Billy fut élevé au grade d'ingénieur en chef en 1840, à Strasbourg ; il fut alors nommé membre du comité d'hygiène publique du Bas-Rhin et de tous les jurys d'Exposition qu'il présida plusieurs fois. Dès 1839, il avait été chargé du contrôle des chemins de fer de l'Alsace.

En 1851, il fut chargé du service des appareils à vapeur du département de la Seine et des fonctions de secrétaire de la commission centrale des machines à vapeur. En 1852, le ministre lui confia la direction du service de contrôle et de surveillance des chemins de fer de Paris à Lyon et du réseau qui s'y rattache.

Il eut à soutenir, dans les difficiles fonctions du contrôle des chemins de fer, de véritables combats dans lesquels il mit toute son activité, sa fermeté et sa haute droiture, cherchant à maintenir, même contre des influences puis-

santes, les droits de l'État comme ceux aussi des Compagnies, se faisant respecter et aimer de ceux-là même qu'il avait mission de contrôler, et qu'il avait aussi mission de défendre.

En 1857, il est nommé inspecteur général de 2e classe et membre du conseil général des mines ; en 1866 ; il est élevé à la 1re classe; en 1867, il est nommé membre du jury de l'Exposition universelle pour la classe 40 des mines et métaux.

Enfin, en 1872, il devint vice-président du conseil général des mines, quelques mois avant l'époque où il fut mis à la retraite par limite d'âge.

La croix de chevalier de la Légion d'honneur en 1838, celle d'officier en 1854, celle de commandeur en 1870, avaient successivement récompensé ses éminents services.

M. de Billy était depuis 1847 membre la Société géologique de France, qu'il présida en 1869.

Tout en faisant face aux devoirs de ses multiples fonctions, il publia, outre la carte géologique des Vosges, de nombreuses notices scientifiques dont voici les principales.

Note sur les volcans éteints des environs d'Olot, en Catalogne, 1828.

Descriptions de la nature physique des îles Canaries, traduit de l'allemand, 1830 et 1832.

Observations sur le terrain de transition de la Bretagne, 1833.

Note sur le traitement du minerai de cuivre dans le sud du pays de Galles, 1834.

Mémoire sur les appareils à vapeur fonctionnant dans le Haut-Rhin, 1838.

Note sur un procédé suivi à l'usine de Königsbronn, près d'Aalen (Wurtemberg), pour blanchir et décarburer en partie les fontes destinées à l'affinage, 1838.

Rapport sur un nouveau système de détente variable ap-

pliquée aux locomotives par MM. André Kœchlin et comp., 1845.

Esquisse de la géologie du département des Vosges, 1850.

Note sur une carte géologique du département des Vosges et sur quelques accidents géologiques figurés dans ce travail, 1856.

Mémoire sur la dépréciation du matériel roulant d'un chemin de fer, 1858.

Notice nécrologique sur M. Dufrénoy, 1863.

Notice sur les changements de volume en sens inverse de deux glaciers, près de Zermatt, 1867.

Note sur l'invention du procédé Bessemer pour la fabrication de l'acier, 1868.

Note sur les ophites, 1868.

Note sur un ouvrage de M. Payot, relatif à la géologie et à la minéralogie des environs du mont Blanc, 1872.

Éloge de M. Combes, inspecteur général et directeur de l'École des mines, 1872.

Note sur la constitution géologique de la chaîne des Aiguilles (vallée de Chamounix), 1873.

Ces publications ont été insérées soit dans les *Annales des mines* ou dans le *Bulletin de la Société géologique*, soit dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, dans les *Annales de la Société d'émulation des Vosges*, enfin dans les *Mémoires de la Société d'histoire naturelle de Strasbourg*.

Pendant le cours de sa laborieuse carrière, M. de Billy fut chargé de plusieurs expertises : nous citerons celle qui concernait les chemins de fer de la Suisse occidentale en vue d'une exploitation en commun (1864), et celle qui avait pour but de déterminer la valeur au 1er janvier 1853 du matériel roulant de la compagnie des chemins de fer de l'Est (1858).

Plusieurs compagnies lui témoignèrent aussi leur estime en confiant, soit à un tribunal arbitral dont il faisait partie,

soit à lui seul, le soin de régler leurs intérêts contradictoires. C'est ainsi qu'il eut à statuer sur des contestations élevées entre la compagnie du Central suisse et celle des chemins de fer de Lausanne à Fribourg et à la frontière bernoise (1858), entre les compagnies de Lyon-Méditerranée et de Lyon-Genève (1860), entre celles de l'Est et des Ardennes (1862), entre celles de Paris-Lyon-Méditerranée et du Dauphiné (1862), entre la compagnie de l'Ouest suisse et un entrepreneur (1863), entre celles de l'Ouest et d'Orléans (1868). M. de Billy laisse inachevé un arbitrage concernant des chemins de fer suisses où se trouvent engagée des intérêts considérables.

Chrétien profondément convaincu, de Billy était depuis bien des années membre du consistoire de l'Église de la confession d'Augsbourg.

Il fut un des fondateurs, après la guerre, de l'Association française pour l'avancement des sciences, formée, dans le but de favoriser le progrès et la diffusion des sciences, par des hommes qui en considéraient la culture comme un des principaux éléments de la grandeur, de la prospérité et du relèvement de leur pays.

Édouard de Billy s'est bien souvent exposé, pendant le cours de sa carrière si remplie, à des dangers de mort, soit pour accomplir un devoir, soit pour satisfaire une de ses nobles passions, celle de parcourir les montagnes les plus élevées, quelque périlleux que fût leur accès. La montagne l'attirait. Son agilité, sa vigueur, conservées par une vie toujours sobre et exemplaire, diminuaient pour lui les dangers de ces excursions où il trouvait les plus grandes jouissances intellectuelles en même temps qu'un aliment à son ardeur scientifique.

Ses sentiments sont bien éloquemment exprimés à la fin d'une note relative à deux glaciers de la Suisse, qu'il a publiée en 1867 :

« Sous l'influence de la grandeur des sites dont l'obser-

vateur est entouré, ses pensées, dégagées des petitesses de la vie habituelle, s'élèvent par degrés jusqu'à l'infini. Même au déclin de la vie, quand les brillantes couleurs de la jeunesse ont perdu leur éclat, l'âme, saisie d'admiration en présence de pareilles splendeurs, subit un charme inexprimable et s'abandonne aux plus irrésistibles entraînements. »

Il était membre du club Alpin-Suisse, et il avait puissamment contribué à fonder le club Alpin-Français, dont il venait d'être nommé président.

Parmi les courses les plus dangereuses qu'ait faites M. de Billy, on peut citer : l'ascension du pic de la Maladetta pendant sa collaboration à la carte géologique de France : son guide disparut dans un gouffre à côté de lui sans qu'il pût lui tendre la main et le sauver ; le passage du col du Géant, entre la vallée de Chamounix et la vallée d'Aoste ; le passage du Weissthor, à l'origine de la vallée de Macugnaga, entre le territoire italien et celui du Valais.

Deux fois il put, en exposant sa vie, sauver un de ses semblables : la première, en se jetant à la mer au Grau-du-Roi, en avant d'Aiguesmortes, où il ramena à terre un douanier qui se noyait ; la seconde, en arrachant à une mort certaine, au risque de périr avec lui, un maître de forges entraîné dans un puits de mines.

Mais c'est à une époque bien douloureuse, et dont les terribles épreuves vivront longtemps dans la mémoire des habitants de Paris, pendant le siége de notre capitale par les armées allemandes, que de Billy put largement assouvir cette soif de dévouement qui bouillonnait dans son cœur généreux. Momentanément dans ses propriétés du Gard pendant le commencement des hostilités, dès qu'il apprend la fatale nouvelle des désastres de Reichshoffen et de Forbach, comprenant que Paris est menacé, il y accourt, avant l'investissement, prendre place parmi les chefs de la Société de secours aux blessés militaires, et il ne cesse d'y

jouer le rôle le plus actif, tant pour l'organisation et le service des ambulances que pour relever les blessés partout où les obus éclatent et où le sang coule, sur les champs de bataille autour de Paris. Combien de fois ne l'avons-nous pas vu revenir, aux heures avancées de la nuit, couvert de la boue des tranchées, ou grelottant par les temps les plus rigoureux, succombant à la fatigue, mais ayant accompli son devoir parmi les plus braves, tant qu'il y avait un blessé à relever du sol, où il allait mourir, et à porter jusqu'aux voitures qui les amenaient dans nos hôpitaux ! Mais laissons la parole au prince éminent que la Société de secours aux blessés vient, par une si heureuse inspiration, d'appeler à sa tête il y a quelques mois. Le conseil de la Société a tenu, le 9 avril, une séance à laquelle assistaient les délégués de tous les comités de province. Notre ami devait y lire un rapport important, où il posait les bases de l'organisation du service des ambulances de la Société en temps de guerre.

Ce rapport était le complément de celui si remarquable et si étendu où de Billy avait exposé toute l'œuvre de la Société pendant la guerre, et où étaient résumées, avec une fermeté et une lucidité remarquables, des règles qui feront loi désormais pour cette comptabilité détaillée, garantie nécessaire du bon emploi des dons généreux qui afflueraient par millions, comme dans la campagne de 1870-1871, si la guerre devait encore déchaîner ses fureurs et ses ravages sur notre chère patrie.

Mgr le duc de Nemours, président de la Société, s'exprimait en ces termes à cette séance :

« J'ai à vous parler d'un système général d'organisation à établir en vue de la prompte création du service hospitalier qu'en cas de guerre la Société pourrait fournir, ainsi que d'un plan détaillé de la formation et de la composition des ambulances qui y concourraient.

« Cette dernière partie du travail avait été approfondie

jusque dans ses moindres détails et élaborée avec une admirable précision par M. de Billy, dont la mort inopinée vient de ravir soudainement à la Société un de ses membres à la fois les plus dévoués et les plus distingués.

« Inflexible devant le devoir, travailleur infatigable dans le cabinet comme sur le champ de bataille, rien n'arrêtait l'ardeur de sa verte vieillesse quand il s'agissait de la pratique du bien, de la recherche du mieux.

« Lorsque la mort est venu le frapper, il se hâtait de revenir au milieu de nous, afin de vous présenter le rapport qu'il venait de faire pour cette réunion et qui va être mis entre vos mains.

« Ce rapport aura été son dernier travail ; c'est comme son adieu à cette Société dont il avait pris l'œuvre tant à cœur, et à laquelle il a rendu et rendait chaque jour de si importants services.

« Aussi y laisse-t-il à la fois un souvenir qui ne s'effacera pas et un vide bien difficile à remplir. Cette place, où nous aimions tant à le voir, place vide aujourd'hui, Messieurs, ne peut être contemplée sans douleur par ceux d'entre nous qui ont été en mesure de constater à quel point, en outre de tant d'autres mérites, M. de Billy savait allier l'absolue rigidité des principes avec la parfaite douceur des formes.

« Vous avez compris, Messieurs, le douloureux sentiment qui m'a entraîné dans cette digression ; vous vous y serez associés, et votre approbation rendra hommage au cher et éminent collaborateur dont nous pleurons aujourd'hui la perte. »

Édouard de Billy avait épousé, en 1831, la fille de M. le baron Pieyre, chef de division à la liste civile. Elle le pleure aujourd'hui, après avoir été la noble et bien chère compagne de sa vie ; elle lui a donné deux fils qui portent dignement son nom : M. Alfred de Billy, inspecteur des finances, et M. Charles de Billy, auditeur à la Cour des comptes, et

une fille, mariée à M. le colonel Coste, l'un des officiers distingués du corps du génie.

La mère de M. de Billy appartenait à une honorable famille alsacienne : sa sœur avait épousé M. Brackenhoffer, dont l'ancienne famille a donné plusieurs de ses premiers magistrats à la ville libre de Strasbourg. Les liens sacrés de la famille et ses souvenirs d'enfance le rattachaient ainsi à l'Alsace, où il passa près de vingt-cinq années de sa vie de fonctionnaire. La perte de cette province lui causa une cruelle douleur, et il était profondément préoccupé du sort de ses malheureux concitoyens : aussi fut-il l'un des membres les plus dévoués de la Société de protection des Alsaciens-Lorrains, qu'il avait contribué à fonder en 1872.

Le corps de M. de Billy avait été ramené à Paris par ses fils. Son service funèbre a eu lieu, le mercredi 8 avril 1874, dans le temple de la Rédemption, qui n'était pas assez vaste pour contenir tous les amis qui avaient voulu venir lui adresser un dernier adieu.

DISCOURS

PRONONCÉS AUX FUNÉRAILLES

DE

M. ÉLIE DE BEAUMONT

Le 25 septembre 1874.

DISCOURS DE M. DUMAS,

Secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences.

Messieurs,

L'Académie des sciences, que j'ai la pénible mission de représenter dans cette triste cérémonie, est plongée dans la plus grande douleur, et son deuil sera partagé par toutes les sociétés savantes du monde. Le confrère illustre, l'homme vénéré que nous accompagnons à sa dernière demeure, l'un des plus savants hommes de ce siècle, n'appartenait pas seulement à notre compagnie ou même à la France : son nom glorieux personnifiait, dans tous les pays civilisés et parmi toutes les nations, la géologie elle-même dans son acception la plus sûre et la plus haute.

La carrière de M. Élie de Beaumont a été si bien remplie jusqu'à sa dernière heure, le coup funeste qui l'enlève à notre affection a été tellement soudain, qu'il faut remettre à des moments plus calmes l'appréciation de ses titres, si puissants et si divers, à la reconnaissance publique et au respect de la postérité. Aujourd'hui, l'âme émue et troublée, nous venons seulement dire un dernier adieu à celui qui, hier encore, prenait la part la plus active et la plus sérieuse à nos travaux.

Admis en 1817 à l'École polytechnique, M. Élie de Beaumont sortait, au premier rang, de cette pépinière féconde, entouré de toute l'affection de ses maîtres pour entrer à l'École des mines, qui lui est restée si chère, dont il n'a jamais voulu se séparer, et où sa place de travail, depuis plus de cinquante ans, a toujours été glorieusement occupée.

Dès ses premiers pas dans sa carrière d'ingénieur, il se faisait remarquer par un mémoire magistral sur les terrains de grès des Vosges, et il se plaçait ainsi, du premier coup, parmi les géologues de la plus haute espérance.

Envoyé bientôt en Angleterre avec son collègue et ami M. Dufrénoy, ils publiaient, à leur retour, la description des principaux établissements métallurgiques de ce pays, alors peu connu de nos manufacturiers. Les conditions géologiques des exploitations de la Grande-Bretagne, les procédés employés dans les usines, les appareils en usage et les conditions économiques du travail étaient solidement étudiés dans ce bel ouvrage dont les descriptions sûres et sobres, savantes et pratiques, ont servi de modèle aux études analogues entreprises plus tard, et ont exercé une influence incontestée sur les progrès de notre métallurgie.

Dès leur retour d'Angleterre, Élie de Beaumont et Dufrénoy furent attachés définitivement, sous la direction de M. Brochant de Villiers, à une œuvre qui devait honorer leur vie. Lavoisier avait tenté, dans sa jeunesse, de concert avec Guettard, de construire la carte géologique de la France ; il en avait été distrait par les travaux immortels qui ont régénéré la chimie et la philosophie naturelle. Sa pensée, reprise avec les ressources d'une science plus avancée, avec le concours d'une administration persévérante, fut conduite à son terme par les trois illustres ingénieurs que la science et le pays aiment à confondre dans leur reconnaissance.

Jusque-là, M. Élie de Beaumont s'était fait remarquer

par un grand sentiment du devoir, une puissance de travail extraordinaire, une vive pénétration. Il devait bientôt prendre place parmi les génies les mieux doués, par une des plus belles conceptions de la science moderne, en inscrivant sur les tables de cette chronologie qui remonte aux premières époques de l'existence de la terre, l'âge relatif des chaînes de montagnes et l'ordre de leur apparition.

Ce fut un grand événement, et l'Académie entendit, en 1829, avec une émotion profonde, les révélations du jeune géologue, venant établir sur d'incontestables preuves que les plus vieilles chaînes de montagnes de la France étaient celles de la Côte-d'Or en Bourgogne; que les Pyrénées et les Apennins étaient venus plus tard; que le mont Blanc lui-même était encore moins ancien en date et le Saint-Gothard plus jeune que lui.

Les géologues les plus illustres de l'époque, sur le rapport d'Alexandre Brongniart, se montrèrent convaincus et se rangèrent à ces nouvelles opinions. Arago les propagea avec une chaleur communicative, et bientôt M. Élie de Beaumont vit ses découvertes consacrées par un succès profond et son nom, ce qu'il ne cherchait pas, entouré d'une auréole populaire.

Vers la fin du siècle dernier, Werner avait établi la chronologie des événements qui ont donné à la portion plutonique de la croûte solide du globe sa contexture générale, en déterminant l'ordre de succession des roches, minéraux ou métaux, qui la constituent.

Au commencement de celui-ci, Cuvier et Brongniart avaient fait voir que les fossiles déposés dans les terrains tertiaires avaient inscrit, par leur présence même dans ces couches neptuniennes, la date de leur formation d'une manière précise et durable.

M. Élie de Beaumont, complétant cette trilogie, venait prouver, à son tour, que les chaînes de montagnes pluto-

niques ont été soulevées à une époque qui se place après le dépôt de tous les terrains sédimentaires qu'elles ont entraînés dans leur mouvement d'ascension, et avant le dépôt de ceux dont les assises se montrent horizontales dans leur voisinage.

Les montagnes étaient donc le produit d'un gonflement de l'écorce du globe, refoulant les mers au loin et entraînant, au-dessus de leur ancien niveau, les couches solides déposées dans leur fond.

Après avoir reconstitué ainsi, par une vue de l'esprit, ce qui a dû se passer dans une de ces révolutions superficielles du globe, M. Élie de Beaumont remonte au Psaume cxiii, ancienne et poétique expression d'une étonnante justesse de la pensée scientifique moderne, et rappelle ces paroles: « Devant la face du Seigneur, la terre s'est émue; la mer le vit et s'enfuit; les montagnes bondirent comme des béliers et les collines comme des agneaux. »

La manière de travailler de M. Élie de Beaumont et le tour de son génie se révèlent tout entiers dans ces trois circonstances. Les matériaux sur lesquels va se fonder sa doctrine sont recueillis avec patience et contrôlés avec une rigoureuse exactitude. Sa vive imagination en tire des conséquences sublimes. Sa piété les rattache, sans effort, aux textes sacrés. Observateur infatigable, persévérant et sûr; poëte à sa manière, et poëte passionné pour toutes les idées élevées; chrétien, toujours, et chrétien convaincu : tel se montrait Élie de Beaumont dans cette œuvre admirable de sa jeunesse; tel il est resté toute sa vie.

En faisant connaître l'âge relatif des quatre premiers systèmes de montagnes qu'il avait étudiés d'abord, il savait bien que ce n'était là que le commencement d'un travail immense qui l'occuperait jusqu'à sa mort. Sa doctrine, douée du principal élément de la vitalité scientifique, la faculté du progrès, s'est étendue, en effet, à une portion considérable de la surface de la terre.

Appliquée, par l'observation, à de nombreux systèmes de montagnes; soumise par le calcul aux lois de la géométrie, la pensée première de M. Élie de Beaumont, confirmée, étendue, précisée, justifie, de plus en plus, les paroles par lesquelles il en donne lui-même une si belle et si juste définition : « Dans ce vaste ensemble de caractères par lesquels la main du temps a gravé l'histoire du globe sur sa surface, les montagnes sont les lettres majuscules de cet immense manuscrit, et chaque système de montagnes en constitue un chapitre. »

Après avoir lu quatre de ces chapitres en 1829, il était déjà, en 1847, capable d'en déchiffrer dix-sept, et ce nombre dépassait vingt et un en 1850. Il ne peut que s'accroître, et il se passera longtemps avant que les Champollions de la géologie aient épuisé tous ses hiéroglyphes; mais ils n'ajouteront rien à la méthode du maître.

L'Académie des sciences, frappée des grands mérites de M. Élie de Beaumont, et pleine de sympathie pour sa personne, saisit la première occasion pour l'appeler dans son sein et le fit entrer, il y a près de quarante ans, dans la section de minéralogie et de géologie.

A la mort d'Arago, elle pensa que personne n'était plus digne que lui de recueillir sa glorieuse succession, et elle força M. Élie de Beaumont de mettre au service de la compagnie son immense réputation, son incontestable autorité, sa puissance morale. Nous savons de quel poids ces avantages ont pesé dans les affaires de l'Académie et dans son influence à l'étranger, où tout s'inclinait devant ce grand nom.

Notre illustre confrère était toujours prêt, quand il s'agissait de ses devoirs envers la compagnie. Ses éloges sont autant de traités profonds et complets, fruits de longues études et de sérieuses méditations. Le public les eût voulus moins savants, mais ceux qui les étudient dans le silence du cabinet ne s'en plaignent pas. Ses rapports, par leur

facture large et par les matériaux nouveaux qu'il y faisait entrer, constituent autant de véritables mémoires, commencés avec bonté, dans l'intérêt seul des auteurs, terminés, avec élévation, dans l'intérêt plus vaste de la science.

Une nouvelle édition de la carte géologique de la France, plus étendue, plus détaillée, plus locale, dont un magnifique spécimen figurait à l'exposition de 1867, se poursuivait sous sa direction. Les calculs relatifs à la véritable situation de tous les systèmes de montagnes et de leurs accidents secondaires occupaient ses moindres loisirs.

Il embrassait dans ses études, avec la même rigueur, la même recherche de précision et la même profondeur, les grands événements géologiques de l'ancien monde, les phénomènes volcaniques actuels, et les actions lentes, telles que les érosions produites par les eaux ou les dépôts formés par les fleuves. La géologie tout entière a reçu son énergique empreinte et la conservera ; il suffira pour le prouver de publier l'ensemble de ses œuvres, soin pieux qui appartient à sa famille et à ses élèves.

M. Élie de Beaumont était doué de l'esprit le plus droit, du cœur le plus ferme et de l'âme la plus haute. Personne ne fut jamais plus fidèle dans ses amitiés. Étranger à toutes les combinaisons, il se laissait toujours diriger par la passion du bien et par l'amour du vrai. Tous les talents le trouvaient prêt à les soutenir avec la plus rare bienveillance ; toutes les injustices, prêt à les combattre avec une implacable ténacité et souvent même avec une véhémence bien éloignée des habitudes polies et réservées de sa vie ordinaire.

Membre et secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, professeur au Collége de France, inspecteur général des mines, sénateur, grand officier de la Légion d'honneur, M. Élie de Beaumont avait obtenu tout ce qui pouvait honorer sa carrière ; il n'avait jamais rien demandé, il n'avait pas eu à s'offrir : on était toujours venu le chercher.

Grand exemple ! utile leçon ! Le travail, les dons du génie, la sérénité de l'âme et la dignité de la vie suffisent dans notre pays, dont il ne faut pas trop médire, pour élever les hommes à leur niveau.

Les nombreux et longs voyages entrepris dans toutes les parties de la France et de l'Europe par M. Élie de Beaumont l'avaient longtemps privé des douceurs de la vie de famille. Ses habitudes étant devenues plus sédentaires, il avait contracté une union offrant tous les gages d'un bonheur accompli. La personne d'une haute distinction, appartenant à l'illustre famille de Quélen, qui était devenue sa compagne, était digne, par son intelligence élevée, d'être associée à sa gloire.

La mort prématurée de Mme Élie de Beaumont, après quelques années d'une vie commune qui lui avait fait apprécier toutes les douceurs du foyer domestique, fut pour lui le plus grand des chagrins, que pouvaient seuls adoucir les soins et la tendresse du fils de son frère, véritable fils pour lui, et de ses petits-neveux.

Le courage calme qu'il déploya plus tard à Paris, pendant le siége et sous le coup des affreux événements de la Commune, tout entier à ses devoirs et à la surveillance des intérêts de l'Académie, pouvait faire illusion ; mais la tristesse profonde avec laquelle il avait assisté aux malheurs de la patrie n'expliquait que trop l'altération sensible que nous observions avec inquiétude dans sa santé.

Il a plu à la Providence de le rappeler à elle, à ce moment, dont il s'était fait à une grande joie, où sa famille, réunie autour de son foyer hospitalier, dans l'antique domaine de ses ancêtres, se préparait à célébrer, aujourd'hui même, le soixante-seizième anniversaire de sa naissance.

Hélas ! ce jour de fête est devenu, soudain un jour de deuil.

Mais M. Élie de Beaumont comprenait tous ses devoirs ; il n'en négligeait aucun ; il était toujours prêt, et si l'ange

de la mort l'a touché de son aile sans l'avertir, il ne l'a point surpris. Il était de ceux dont les dettes sont toujours payées. Son âme immortelle et pure a dû quitter sans trouble et sans effroi cette terre, dont il a tant contribué à révéler les splendeurs ou à faire admirer les harmonies. Elle pouvait remonter calme vers les régions sereines, objet constant des aspirations de notre vénéré confrère, et se présenter confiante devant le souverain juge, en qui il avait toujours placé ses espérances et sa foi.

Adieu! Élie de Beaumont, mon bien cher confrère et vieil ami, adieu!

DISCOURS DE M. CHARLES SAINTE-CLAIRE DEVILLE,

Membre de l'Académie des Sciences.

Messieurs,

Aussitôt que le coup si funeste et si inattendu qui vient de nous frapper a été connu de l'Académie des sciences, elle a voulu être représentée aux obsèques de son illustre secrétaire perpétuel. Hier, à cette même heure, deux de nos confrères et moi assistions aux premières cérémonies de l'Église, près de la demeure, fondée jadis par les éminents magistrats, ses ancêtres, où lui-même avait reçu le jour, où il devait continuer ces traditions de bienveillance et de charité qui y font bénir le nom d'Élie de Beaumont. Notre président a dignement exprimé alors les sentiments qui nous animent tous en cette cruelle circonstance.

Aujourd'hui, j'ai dû, sur l'invitation de la section que M. Élie de Beaumont a illustrée pendant près de vingt ans, et où il comptait presque autant de disciples que de confrères, tracer à la hâte, et sous l'impression de la douleur, quelques pages, où je chercherai surtout, dans les tradi-

tions scientifiques de cette belle vie, ce qui pouvait nous éclairer et nous aider dans notre tâche, ce qui peut encourager un jour nos successeurs.

On peut dire que le trait saillant et vraiment caractéristique de M. Élie de Beaumont est la réunion de deux qualités en apparence opposées, et qui ne se rencontrent, en effet, presque jamais, au moins excellemment, dans le même esprit : c'est, d'un côté, un besoin incessant et absolu d'exactitude et de précision, de l'autre, un magnifique développement des vues les plus ingénieuses et les plus élevées.

Et d'abord, cette recherche de la précision, si difficile à établir dans les sciences qui n'ont pas encore derrière elles un long passé, s'observe chez lui à toutes les époques de sa carrière. Il a toujours et partout une sorte d'horreur pour le vague et l'à peu près. N'est-il pas, en effet, curieux et instructif de voir celui à qui ses adversaires reprochaient de ne pas tenir un assez grand compte des forces *actuelles* de la nature, étudier les manifestations présentes de ces forces avec cette perfection qu'on admire dans les deux premiers volumes de sa *Géologie pratique*, et leur faire connaître à eux-mêmes, comme à nous, la vraie mesure de ces forces?

Et ceci était encore un des caractères de son talent. A chaque objection, plus ou moins vague, il ne répondait que par des observations nouvelles, originales, douées de finesse et de précision.

Parmi de nombreux exemples, je citerai le mémoire, qui lui est commun avec M. Dufrénoy, où, répondant aux critiques adressées à la célèbre théorie des cratères de soulèvement, proposée par M. Léopold de Buch, les auteurs établissent mathématiquement, d'après l'étendue de la masse soulevée et la hauteur qu'elle a atteinte, la somme des vides et des fissures qui ont dû résulter du mouvement.

S'agit-il de montrer le contraste entre les pentes abruptes des masses soulevées et les allures plus douces des laves qui se sont étendues à leur pied, aucun effort ne l'arrête pour résoudre, par l'expérience, les questions qui se présentent, et l'on est presque effrayé du nombre immense de mesures d'inclinaison prises par lui-même et insérées à la suite de son beau mémoire sur l'Etna.

Les problèmes chimiques de la géologie trouvent M. Élie de Beaumont tout aussi précis et difficile pour lui-même. Dans son mémorable travail consacré aux *Émanations volcaniques et métallifères*, avant de formuler les plus larges et les plus hardies conceptions sur la matière, il a eu d'abord le soin d'étudier un à un chacun des corps simples dans les relations qu'il peut avoir avec les modes divers d'activité éruptive, dans le rôle qu'il joue au milieu de ces manifestations singulières des forces naturelles.

Ces exemples et une foule d'autres, qu'il serait impossible d'énumérer ici, témoignent de ce besoin d'exactitude et de précision qui faisait l'un des traits caractéristiques de son génie. Certes, un tel esprit de rigueur, porté avec un tel à-propos sur toutes les parties d'une vaste science, pouvait suffire à constituer une carrière de premier ordre. Néanmoins, M. Élie de Beaumont ne s'est jamais arrêté à cette constatation précise et vraiment scientifique des faits. Cette première étude n'était pour lui qu'un travail préparatoire, qui devait lui permettre d'établir entre les faits des rapports exacts. Il avait voulu, par là, uniquement mettre à l'abri de tout reproche ces rapports eux-mêmes. Mais c'est dans la seconde partie de sa tâche qu'il s'est réellement montré une intelligence supérieure.

Ce don de la comparaison, M. Élie de Beaumont l'a surtout appliqué à deux grands sujets. L'un d'eux, auquel il a consacré plus de cinquante années d'efforts et de travaux, est la théorie des *Systèmes de montagnes*, inaugurée en 1829, mais qui n'a pris dans son esprit une forme défini-

tive que dans sa grande conception du *réseau pentagonal*. Les recherches de ce genre, tant qu'elles ne reposent que sur l'emploi de la synthèse, ne sont évidemment pas démontrables dans le sens mathématique; elles n'ont pour elles qu'une immense probabilité, qui frappe tout d'abord certains esprits. A ce point de vue, la théorie du réseau pentagonal sera mise seulement hors de doute lorsque la méthode analytique aura pu s'y appliquer, qu'en un mot, le Kepler de la géologie aura trouvé son Newton.

Mais quelle grandeur dans ces innombrables rapprochements, de plus en plus confirmés par la statistique! Quelle abondance dans les détails! Quelle pensée simple et audacieuse à la fois dans cette coordination géométrique de tous les effets mécaniques qui ont successivement accidenté la surface du globe!

L'autre grande question qui a occupé, moins longtemps à la vérité, notre illustre confrère, semble d'abord si différente de la première, qu'on est étonné de les voir toutes deux traitées magistralement par le même savant; je veux parler de ces émanations volcaniques et métallifères, ou, plus généralement, des phénomènes éruptifs de notre planète. M. Élie de Beaumont a publié, sous la forme la plus modeste, dans le *Bulletin de la Société géologique de France*, un des mémoires assurément les plus originaux, plein de vues nouvelles et ingénieuses, et établissant un lien entre trois ordres de phénomènes qui pouvaient paraître assez éloignés : les volcans, les filons métalliques et les eaux minérales. Celui qui vient aujourd'hui déposer sur sa tombe cet humble hommage s'honore de reconnaître, dans ce travail, l'origine d'une partie de ses propres études, et aime à lui en reporter le mérite, si faible qu'il soit.

Ainsi, d'un côté, recherche extrême de la vérité et de la précision dans les faits, de l'autre, comparaison sérieuse de ces faits, rapprochements les plus ingénieux et souvent les plus inattendus, toujours justifiés et confirmés; enfin,

comme déduction naturelle de tous ces rapports, conceptions systématiques, à la fois les plus logiques et les plus grandioses : tel est le double caractère qu'il serait, il semble, injuste de refuser aux travaux de l'illustre maître, et qui lui donne une portée tout à fait exceptionnelle.

Ce double caractère se retrouve même dans les travaux d'un ordre plus modeste. Telle est cette description de la chaîne des Vosges, publiée au premier volume de l'*Explication de la carte géologique de la France*, qui, bien qu'écrite presque au début de la carrière de M. Élie de Beaumont, est restée un modèle, et dans laquelle on voit, en quelque sorte, l'esprit de l'auteur planer sur les hautes régions dont il vient de définir et de préciser tous les caractères, et reconstituer, par la pensée, cette voûte immense que la vallée du Rhin est venue briser et diviser en deux parts.

L'enseignement de M. Élie de Beaumont portait aussi ce double cachet. Assurément, quelques-uns ont pu trouver exagérée cette minutieuse préparation de chiffres, de données numériques, dont il faisait précéder sa démonstration finale. Mais quelle récompense attendait celui qui l'avait suivi pas à pas dans ce labyrinthe, en apparence inextricable, lorsqu'un rayon éclatant de lumière venait subitement en éclairer jusqu'aux moindres replis, et donnait, en même temps, l'explication et la justification de tous les efforts que le professeur avait demandés à son auditoire!

Comment ne pas rappeler ici avec une sorte de stupeur la puissance incomparable de travail dont il a fait preuve au moment où il a clos, en 1852, son enseignement au Collége de France?

Pendant que ses profondes méditations enfantaient cette vaste théorie du réseau pentagonal, que ses nuits étaient, en grande partie, consacrées aux calculs arides qu'elle exigeait, le jour, il rédigeait la *Notice* qui, imprimée, au fur et à mesure de la composition, dans le *Dictionnaire*

d'histoire naturelle, a formé trois petits volumes, et il trouvait encore la force de l'exposer devant ses auditeurs du Collége de France.

Et ce dévouement à la science, cette sorte de martyre volontaire qu'il s'imposait pour l'amour d'elle, étaient tellement ignorés de tous que c'est presque une indiscrétion, dont je dois peut-être demander pardon à sa mémoire, de venir aujourd'hui divulguer ces faits que sa modestie tenait si invariablement cachés.

Tels sont, ô mon cher maître, les exemples que vous nous avez légués. Et je ne parle pas ici seulement au nom de ceux de vos disciples qui, suivant de loin vos traces, sont, sous vos auspices et par le choix de l'Académie, devenus vos confrères. Je viens aussi, à leur demande, exprimer les sentiments de respect, d'affection et d'immense regret que vous laissez dans l'âme de mes nombreux camarades, élèves externes de l'École des mines, dont on peut dire que vous et votre digne émule et ami M. Dufrénoy, avez, les premiers, amélioré la position, soutenu et parfois couronné les efforts. Tous se souviennent que vous avez bien voulu présider à leur dernière réunion annuelle; tous vous remercient, par ma voix, des paroles élevées et affectueuses que vous a suggérées alors votre noble cœur.

Mais quel serait le concours d'éloges et de reconnaissance qu'on entendrait ici, si je pouvais rassembler autour de cette tombe tous ceux que votre main bienveillante a secourus dans la détresse! Vous oubliiez vous-même le premier ces traits innombrables de générosité, dont la connaissance ne nous est parvenue que par ceux que vous aviez obligés. Je veux respecter encore, à ces derniers moments, votre noble susceptibilité. Ce n'est pas nous, d'ailleurs, sur cette terre, qui pouvions vous donner le prix de telles œuvres. Elles ont déjà trouvé, dans un monde meil-

leur, leur digne et véritable récompense au sein de Celui qui vous les a inspirées, et dont vous écoutiez ainsi vous-même les enseignements.

Adieu, cher maître, adieu !

DISCOURS DE M. DAUBRÉE,

Membre de l'Académie des sciences, inspecteur général des mines.

AU NOM DE L'ÉCOLE DES MINES ET DU CORPS DES MINES.

Messieurs,

Le coup funeste que déplore l'Académie des sciences frappe non moins douloureusement et le Corps des mines dans la personne d'un représentant illustre et l'École des mines dans celle d'un professeur chéri et vénéré, qui faisait son orgueil.

Entré après de très-brillantes études à l'École polytechnique, M. Élie de Beaumont en sortit le premier de sa promotion en 1819 et entra à l'École des mines, où il appliqua énergiquement la supériorité de son intelligence à l'étude de toutes les branches de l'enseignement. Les mémoires qu'il rédigea alors, à la suite de ses voyages d'instruction, et qui sont conservés à l'École, mirent en relief sa capacité, ainsi que l'ardeur avec laquelle il s'initiait complétement aux fonctions qu'il avait choisies. Dès la deuxième année d'études, son excellent maître, Brochant de Villiers, écrivait ces mots : « Il est regardé comme un de nos plus « forts sujets présents et passés. Il a surtout un grand goût « et beaucoup de dispositions pour la géologie. » Si j'ose citer ici ces lignes intimes, c'est qu'elles font honneur à la

perspicacité du professeur, non moins qu'à la valeur déjà bien établie de celui dont elles font présager l'avenir.

Au moment même où l'élève-ingénieur terminait avec éclat ses études d'application, dans le courant de 1822, il survint une circonstance qui acheva de décider la direction de sa carrière. Le conseil de l'École, en recevant pour la bibliothèque un exemplaire de la belle carte géologique dont l'Angleterre venait d'être dotée, fut frappé de l'importance d'un tel travail, et il exprima à l'administration supérieure, représentée alors par M. le directeur général Becquey, le vœu qu'une œuvre semblable fût exécutée pour la France.

Avant de donner suite à cette proposition, il fallait aller puiser chez nos voisins les notions qui devaient servir à la réaliser, et y recueillir aussi une série de documents sur les mines et les usines. Dès l'accomplissement de cette première mission, qui dura six mois, Brochant de Villiers fit preuve du plus heureux discernement en s'adjoignant M. Dufrénoy et M. Élie de Beaumont, alors aspirant. Dans un rapport à l'Académie des sciences, un juge des plus compétents (*) fit ressortir combien les publications des deux jeunes ingénieurs, dont l'union commençait alors pour devenir plus tard si féconde, étaient appelées à rendre service à l'industrie minérale de notre pays. Un témoignage d'estime non moins significatif leur fut décerné en Angleterre.

Après ces débuts dans des études particulièrement techniques, M. Élie de Beaumont fut nommé, en 1824, ingénieur ordinaire de deuxième classe et envoyé à Rouen. Toutefois cet éloignement de résidence officielle, qui dura jusqu'en 1827, ne l'empêcha pas de prendre la part la plus active à l'exploration géologique de la France, lorsqu'en 1825 l'exécution de la carte fut entreprise. Ce travail mo-

(*) M. Héron de Villefosse.

numental est tellement connu et apprécié qu'il serait superflu de rappeler quels services il a rendus à la science, en même temps qu'à la richesse nationale, par des applications très-diverses, qui s'étendent depuis l'art des mines jusqu'à l'agriculture. Pendant les dix-huit années qui, grâce à l'activité surprenante des explorateurs, suffirent à son achèvement, M. Élie de Beaumont publia, en outre, une série de mémoires que je ne puis essayer de rappeler et qui ont exercé la plus vive influence sur le rapide essor pris par la géologie pendant cette période. On sait quel retentissement universel ses recherches sur l'âge relatif des chaînes de montagnes eurent, aussitôt après leur apparition en 1829, même bien en dehors du monde savant, et quelle impulsion cette synthèse neuve et hardie imprima aux études géologiques. Une note sur les émanations volcaniques et métallifères, parue en 1847, où des rapprochements fondamentaux sont pour la première fois mis en lumière, fera également époque dans la science.

De hautes conceptions géométriques sur la disposition des chaînes de montagnes ont continué à occuper M. Élie de Beaumont jusqu'à la fin de sa carrière. Personne n'a étudié si complétement les accidents mécaniques de refoulement et de contraction dont l'écorce terrestre présente de toutes parts de saisissants vestiges.

En 1827, M. Élie de Beaumont avait été appelé à suppléer son maître à l'École des mines pour l'enseignement de la géologie; en 1835, il fut nommé titulaire de cette chaire. Tous les auditeurs qui ont attentivement suivi ses leçons y voyaient apparaître, à côté de faits analysés de la manière la plus précise, des vues originales et profondes qui les faisaient pénétrer dans l'explication des phénomènes; les nombreuses publications auxquelles ce cours a servi de base attestent quelle a été son importance dès l'origine.

Des services aussi éclatants que ceux par lesquels M. Élie

de Beaumont ne cessa de se signaler depuis son entrée dans la carrière d'ingénieur furent hautement appréciés par l'administration supérieure. Inspecteur général, il avait été appelé, en 1861, à la vice-présidence du conseil général des mines; depuis la même année, il était grand-officier de la Légion d'honneur; il faisait partie du Sénat dès l'époque de sa formation.

Lorsqu'en 1868 arriva l'âge obligatoire de la retraite, M. Élie de Beaumont reçut la satisfaction de ne pas se séparer de son professorat à l'École des mines, à laquelle l'unissait un attachement en quelque sorte filial; cet attachement était d'ailleurs bien réciproque de la part de tous ceux, fonctionnaires, élèves ou employés les plus humbles, qui recevaient journellement des marques de son extrême bienveillance. En même temps, l'administration avait voulu lui confier, à titre de mission spéciale, la direction de la carte géologique détaillée de la France, suite naturelle de l'exécution de la carte géologique générale et du contrôle qui lui avait été réservé sur la publication des cartes départementales. La mort l'a surpris dans l'exercice de ces deux fonctions.

Renommé dans sa jeunesse, comme Saussure, pour son intrépidité dans les ascensions de montagnes, observateur des plus pénétrants, doué d'une étonnante mémoire, qu'il a conservée jusqu'au dernier jour, muni d'une érudition dont ses cours, ses ouvrages et ses nombreux rapports à l'Académie des sciences permettent d'entrevoir la vaste étendue, M. Élie de Beaumont possédait à un degré éminent des qualités qui expliquent son rôle capital dans les progrès de la science.

Sa conscience, son sentiment rigoureux du devoir, un entier dévouement à ses fonctions, se sont manifestés pendant toute sa carrière, sans qu'il ait pu être arrêté par les circonstances les plus difficiles ou les plus périlleuses, notamment lors des malheurs qui, pendant les années néfastes

de 1870 et 1871, éclatèrent sur Paris, qu'il ne voulut pas quitter un seul instant.

L'aménité de son abord et son exquise politesse répondaient à une bonté et à un désir d'obliger dont le souvenir restera gravé dans le cœur d'un grand nombre de personnes, appartenant aux positions les plus diverses.

Qu'il me soit permis, illustre maître, comme à l'un de vos anciens élèves, de joindre le tribut personnel d'une respectueuse affection et d'une profonde gratitude à l'hommage que je vous apporte de la part du corps auquel vous avez appartenu pendant cinquante-cinq ans, et où votre nom sera toujours conservé, comme à l'École des mines, avec une auréole de gloire.

DISCOURS DE M. LABOULAYE,

Administrateur du Collége de France.

Messieurs,

Je viens, au nom du Collége de France, adresser un dernier adieu à notre cher et regretté collègue M. Élie de Beaumont.

Il nous appartenait depuis plus de quarante ans, c'était notre doyen. En 1832, la mort de M. Cuvier laissa vacante la seule chaire d'histoire naturelle que possédât le Collége de France. Des concurrents déjà célèbres se présentaient pour recueillir l'héritage du maître. Néanmoins, tout en demandant la division de la chaire, l'assemblée des professeurs choisit à la presque unanimité M. Élie de Beaumont. Elle pensa, sans doute, que, par l'originalité et la grandeur de ses découvertes, personne n'était plus digne de succéder à l'illustre Cuvier.

M. Élie de Beaumont créa au Collége de France l'enseignement de la géologie. Durant plus de vingt ans, il n'y eut pas dans toute l'Europe un géologue, un minéralogiste, qui ne vînt s'instruire auprès de lui. M. de Beaumont était *chef* d'école ; ses idées, ses méthodes, propagées dans le monde entier par ses disciples, portaient au loin le bruit de son nom.

Quand l'âge et la fatigue l'obligèrent à renoncer à l'enseignement, il ne voulut pas se séparer de nous et prit pour suppléant un ami dévoué. Comme M. Biot, il tenait à vivre et à mourir professeur au Collége de France. C'était le membre le plus assidu de nos réunions ; il y représentait la tradition et l'expérience. Ce n'était pas seulement ses conseils qu'il nous apportait, c'était aussi son influence. Il était toujours prêt à rendre service. Chaque fois qu'il y avait une démarche à faire auprès du ministre, un professeur à récompenser, un préparateur, fût-ce même un humble auxiliaire, à encourager, M. Élie de Beaumont se mettait en avant ; il s'estimait heureux quand l'autorité de son nom lui permettait de venir au secours de quelque savant oublié. Sa bonté n'était pas moins inépuisable que son savoir.

C'est là, Messieurs, un éloge bien modeste à joindre à tant de louanges si justement méritées ; mais, en face de cette tombe qui nous parle de notre fragilité, il est permis de croire, il est doux d'espérer que, devant le juge suprême, les vertus de l'homme ne pèsent pas moins que le génie du savant.

Adieu, cher et vénéré collègue. Votre nom est notre gloire ; nous le garderons dans nos cœurs avec reconnaissance et respect, et nous le transmettrons à nos successeurs comme celui du parfait modèle du professeur et de l'homme de bien.

DISCOURS DE M. DE CHANCOURTOIS,

Ingénieur en chef des mines,
Professeur-adjoint de géologie à l'École des mines,
Sous-directeur du service de la Carte géologique détaillée de la France.

Des voix éloquentes, des voix plus autorisées que la mienne, ont retracé à grands traits la glorieuse carrière de M. Élie de Beaumont, et ce n'est pas le moment de chercher à compléter le tableau des services rendus par le Maître illustre que nous venons de perdre. Mais, associé depuis plus de vingt ans à son enseignement de l'École des Mines et son lieutenant dans l'entreprise de la Carte géologique détaillée de la France, je ne saurais me dispenser de lui adresser ici un suprême adieu, de parler au nom de nos collaborateurs.

Je m'acquitterai de ce devoir en disant d'abord quelques souvenirs personnels qui, bien que pris dans les conditions de l'intimité, me semblent de nature à faire ressortir la fermeté et l'élévation de son caractère.

Lorsque les réquisitions de la Commune rendirent le séjour de Paris impossible pour la plupart des fonctionnaires, je parlai naturellement à M. Élie de Beaumont des dangers qu'il allait courir s'il persistait à rester à son poste de Secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences. Il me répondit simplement : « Je resterai tant qu'on ne me chassera pas. » Il n'y avait plus à insister, je savais qu'une résolution exprimée par lui était inébranlable.

Pourrai-je rendre avec autant de précision la simplicité du récit qu'il me fit ensuite des périls de la dernière nuit? « Je travaillai, me dit-il, comme d'habitude jusqu'à deux heures; j'allai regarder alors par une fenêtre de la rue de Lille, et voyant que l'incendie ne dépassait pas la

rue de Beaune, tenant compte de la direction du vent et augurant bien du progrès de l'armée calculé d'après le bruit du canon, je jugeai que je n'avais rien de mieux à faire que de me mettre au lit. Le matin, en effet, à mon réveil, Stock (*) m'apprit que les soldats occupaient le quartier. »

Un autre souvenir plus ancien et d'un genre bien différent.

J'allais voir M. Élie de Beaumont le soir du jour où il avait été élu Secrétaire perpétuel. Je le trouve plus que sérieux, presque triste, et il arrête mes félicitations par ces mots : « C'est là un grand honneur assurément, mais peut-être aussi un grand malheur pour moi. »

Quel temps lui laisseraient pour ses travaux personnels les nouvelles fonctions dont il se trouvait chargé? Telle était sa préoccupation, où se reflétait sans doute le sentiment du devoir, mais où perçait aussi une passion. Qui oserait la lui reprocher?

Ne s'agissait-il pas pour lui de développer son admirable conception du *Réseau pentagonal*, cette condènsation des propriétés des cinq solides réguliers qui, restées sans usage depuis leur découverte par Pythagore et Platon, apparaissent, grâce à un nouvel effort de grand génie, comme les principes de la configuration de l'Écorce terrestre?

Ses craintes étaient exagérées, et non-seulement il a pu achever les énormes calculs trigonométriques nécessaires pour rendre applicable la théorie du Réseau, mais il lui a été donné de voir germer, ailleurs même que dans les travaux de ses disciples, une de ces semences dont la culture pratique est d'autant plus profitable que la semence même est le fruit d'une science plus abstraite; d'obtenir, par la

(*) L'excellent serviteur qui n'avait pas quitté M. Élie de Beaumont depuis le jour où, en 1836, il lui avait servi de guide dans le Tyrol.

prise en considération des faits d'alignement dans l'exploitation des Filons et des autres Gîtes minéraux, des preuves chaque jour plus nombreuses et plus convaincantes, de l'utilité de sa découverte.

Il lui a été donné aussi de voir cette culture rémunératrice marcher de front avec le développement du Relevé géologique de la France, conservé sous sa haute direction par la sollicitude éclairée d'un Ministre, feu M. de Forcade (*), qui, obligé par de rigoureux règlements de renoncer au concours administratif de M. Élie de Beaumont, avait au moins voulu prolonger les services d'une activité technique et scientifique aussi glorieuse qu'utile au pays.

Cette double satisfaction, venue au terme de sa carrière, a heureusement coïncidé avec un retour marqué de la faveur publique, qui semblait s'être éloignée de lui dans le temps même où, à force de veilles, il réussissait à renouer par un lien géométrique les notions déjà coordonnées par ses *Théories des Soulèvements et des Émanations;* dans le temps où, élevant ainsi la Géologie à la condition de science mathématiquement constituée, il ajoutait un diamant à la couronne, une étoile de premier ordre à l'auréole scientifique de la France.

A part quelques attaques, dénotant du reste, avant tout, une ignorance complète de ses doctrines, le silence s'était fait autour de son nom, et cette défaveur aurait peut être persisté jusqu'à sa mort, sans l'Exposition universelle de 1867, où l'attention du public a été appelée par le fragment de la Carte géologique détaillée préparé sous sa direction pour le quart nord-est de la France, et pendant laquelle les égards des étrangers sont venus faire sentir que les nouvelles œuvres d'un homme aussi considérable sont

(*) Mort cette année au moment où se publiait la première livraison de la Carte géologique détaillée dont l'exécution avait été décrétée sur son rapport.

au-dessus des jugements superficiels et doivent être au moins saluées avec respect.

M. Élie de Beaumont ne s'émouvait pas plus des méfiances que des malveillances. Il savait bien qu'il fallait attendre longtemps le triomphe de certaines vérités scientifiques et que les grandes œuvres peuvent être uniquement destinées à la postérité.

Il était patient comme il était fort. La patience lui échappait pourtant dans les discussions, si la contradiction lui semblait trahir une hostilité de parti pris contre les appréciations de faits géologiques admises par lui ou par son collaborateur et ami Dufrénoy dans la publication de la Carte générale de la France. La conversation était alors brusquement interrompue.

Les illusions de l'infaillibilité scientifique étaient incompatibles avec la justesse de son esprit, mais ne supposant jamais chez les autres le défaut de sérieux dans les rapports avec le public, il ne pouvait admettre l'ombre d'un soupçon de légèreté ou de négligence à l'endroit d'une œuvre dont l'exactitude importait à la fois aux intérêts généraux et à l'honneur du pays. On se ferait difficilement une idée des soins scrupuleux que M. Élie de Beaumont n'a cessé d'apporter, dans le perfectionnement d'abord, puis dans la surveillance de la reproduction de cette Carte générale, restée sous sa seule responsabilité (*), et qui paraissait être l'intérêt dominant des derniers temps de sa vie.

J'ai parlé de veilles. Ce n'est pas une figure. M. Élie de Beaumont travaillait beaucoup de nuit. Se rendant autant

(*) M. Élie de Beaumont qui tenait à « faire lui-même » au point de n'avoir jamais songé à prendre un secrétaire dans les phases les plus occupées de sa carrière, n'avait conservé, pour la publication de la Carte générale, qu'un seul aide, un homme d'élite il est vrai, M. Jedlinski, garde mines principal, attaché à ce travail depuis son origine et dont les rares mérites lui inspiraient à bien juste titre une entière confiance.

que possible, par plaisir ou par devoir, aux invitations qui lui étaient adressées, il passait souvent sa soirée dans le monde; mais, que la veillée laborieuse commençât peu ou beaucoup avant minuit, il était rare qu'elle ne se prolongeât pas bien après.

Pendant ces heures où l'intelligence devient plus libre à mesure que s'éteignent les bruits de la vie matérielle, s'accroissait surtout l'œuvre de science théorique.

Les réflexions, thèmes lumineux de l'enseignement et des publications, étaient jetées une à une sur des feuillets indépendants. De semblables feuillets recevaient les formules et les chiffres des calculs patiemment édifiés aussi bien que les minutes de rédaction. L'écriture, rarement corrigée, est toujours ferme, achevée, certaine (*).

Les facultés de l'observateur, aussi exceptionnelles que celles du penseur, réclament une mention plus développée.

Il y a très-peu d'années on contestait à la Géologie son individualité scientifique. Certains esprits, même de bons esprits, n'y voulaient voir qu'un champ ouvert au développement des études de Minéralogie et de Paléontologie, ne comprenant pas encore que, loin d'être subordonnée, elle embrasse, elle rapproche pour une fécondation supérieure les deux branches archaïques de l'histoire naturelle constituées par Haüy et par Cuvier.

Afin de dissiper ce préjugé, M. Élie de Beaumont, en définissant, au début de ses cours, la science qu'il allait professer, en classant ses rapports avec toutes les autres

(*) Le format in-quarto du papier est le même depuis l'origine, et l'ensemble des feuillets de note, toujours tenus parfaitement en ordre, quels que fussent les échanges opérés entre les fascicules formés pour tel ou tel objet, peut être cité, sans doute, comme un des premiers et aussi des plus complets modèles de l'appareil de travail, maintenant assez usité, où les notes de memento, les fragments de rédaction offrent pour le rapprochement et le jeu des idées toutes les ressources de la mobilité dont jouissent les idées elles-mêmes dans la tête du travailleur.

sciences, insistait naturellement sur le caractère de sa liaison spéciale avec la Minéralogie et la Paléontologie (se gardant toutefois de personnifier celles-ci par les noms de leurs législateurs; c'eût été marquer la place du sien).

Mais il faisait d'abord ressortir le caractère propre imprimé à la Géologie par la méthode d'observation aussi bien que par le but poursuivi. Ne repoussant pour elle ni l'aide ni le contrôle des recherches analytiques de cabinet ou de laboratoire, il s'attachait cependant à signaler la prédominance nécessaire des tendances synthétiques dans l'étude du Globe terrestre. Il montrait le géologue observant forcément la nature de la manière la plus simple, comme du point de vue le plus général, et devant prendre ses conclusions élémentaires de Stratigraphie, sur le terrain.

On voit par la tenue journalière de ses cahiers de notes (*) que cette caractérisation de la méthode géologique est la tradition de la pratique de sa vie. Les souvenirs de ce qu'il avait vu personnellement, et vu du coup d'œil le plus pénétrant, occupaient assurément dans sa vaste intelligence plus de place que son érudition, pourtant si extraordinaire.

Le travail de récolte directe accroissait incessamment le trésor d'observations, base inébranlable de ses spéculations théoriques.

Bien longtemps ce travail a été poursuivi avec toute l'ac-

(*) Il reste une sorte de monument encore plus intéressant, peut-être, comme témoignage de l'unité et de la continuité dans la ligne de conduite, que l'ensemble des feuillets de notes du travail de cabinet : c'est la collection, sans lacune, des petits cahiers qui, depuis son voyage d'élève, se sont succédé uniformément dans le carnet de poche de M. Élie de Beaumont, et où toutes ses remarques sont inscrites jour par jour, avec mention de l'heure et au besoin de la minute, ce qui fournit le plus sûr mode de notation distinctive pour les échantillons recueillis successivement à l'appui des observations.

N'est-ce pas là le meilleur exemple que l'on puisse donner aux commençants pour leur inspirer la régularité scrupuleuse et la persévérance dans la récolte des matériaux?

tivité d'un marcheur infatigable, et, dans ces dernières années, quand il a dû être limité aux courses de l'École des Mines, nous étions émerveillés du vif intérêt que notre vénérable chef prenait encore à toutes les recherches de détail, du parti qu'il savait tirer de ces investigations multiples. Chaque course, destinée principalement à l'instruction de nos élèves, était marquée pour l'état-major lui-même par quelques progrès notables dans l'étude des faits.

L'itinéraire et le programme des explorations étaient soigneusement préparés; mais, dans l'exécution, nul rigorisme scholastique; au contraire la plus grande latitude donnée aux initiatives individuelles, comme aussi la plus grande liberté d'allure.

Les troupes d'apprentis géologues sont ordinairement animées de toute la bonne humeur qu'inspire la vie en plein air. M. Élie de Beaumont savait sortir de sa réserve habituelle pour s'associer à la gaieté de ses jeunes compagnons, sans pourtant compromettre en rien la dignité du chef, lors même que quelque saillie déterminait chez lui une de ces explosions de rire, aussi franche que soudaine, dont tous ses disciples aiment à se rappeler l'impression joyeuse et communicative.

Ces voyages avec une jeunesse hautement intelligente étaient pour lui « des jours de fête. » Il nous le disait il y a deux ans, à Angers, en remerciant nos nouveaux camarades de leurs souhaits de bonne santé et de longue vie. Cette année-ci, hélas! on osait à peine, à Moulins, exprimer les vœux habituels. Il avait été trop évident dans la dernière journée que notre cher Maître avait atteint les limites de ses forces en voulant conduire la course jusqu'au bout.

Toutefois, à son retour à Paris, il ne semblait pas se ressentir de cet effort. Souffrait-il? Qui pourrait le dire? Je ne lui ai jamais entendu articuler une plainte, sur les choses pas plus que sur les hommes.

Dans sa dernière lettre, il y a moins de quinze jours,

aucune défaillance de main ni d'esprit ne pouvait faire prévoir une catastrophe aussi prochaine.

Et voilà que maintenant nous ne le reverrons plus!....

Nous n'entendrons plus ces conseils si avisés, si prudents, nous ne recevrons plus ces directions données toujours avec l'exquise délicatesse de l'homme d'une éducation parfaite!...

Mais que le souvenir de ces rapports, impérissable dans la mémoire de tous ceux qui ont été sous ses ordres, serve encore de lien entre les membres du Service géologique qui devaient, disait-il souvent, former une sorte de famille!

Et, en ce moment, qu'il soit permis aux interprètes de ses vues scientifiques de se joindre à son neveu, héritier de son nom, à son beau-frère, à ses parents douloureusement mais pieusement recueillis autour de sa dépouille mortelle, pour dire avec la confiance d'interpréter la pensée suprême de son âme : — Que la volonté de Dieu soit faite!

DISCOURS DE M. DELESSE,

Ingénieur en chef des mines,
Président de la Commission centrale de la Société de géographie.

Messieurs,

La Société de Géographie s'honorait de compter parmi ses membres et parmi ses anciens présidents l'homme illustre que nous pleurons, et elle vient aujourd'hui lui rendre un dernier hommage.

Bien que les travaux de M. Élie de Beaumont aient eu plus spécialement pour objet la géologie, ils se relient à la géographie de la manière la plus intime.

Comme il se plaisait lui-même à le dire, ces deux sciences

sont sœurs. « La géographie est le point de départ, le « guide, et pour ainsi dire l'un des pierres angulaires de « la géologie. » L'ensemble de ses œuvres a d'ailleurs bien mis en lumière leur étroite connexion.

Les recherches de prédilection de M. Élie de Beaumont sont celles qu'il a entreprises sur les *systèmes de montagnes*. Limitées d'abord à la France et à l'Europe, elles ont été successivement étendues au monde entier. La science lui doit d'avoir tiré d'une sorte de chaos l'étude raisonnée des révolutions de la surface du globe; elle lui doit aussi la connaissance précise des rapports qui existent entre l'âge des montagnes et leur direction.

La *Carte géologique de la France*, cette œuvre si considérable, est encore due à M. Élie de Beaumont, secondé par son collaborateur Dufrénoy.

Bien que la publication en remonte déjà à près de trente-cinq ans, elle sert de base à toutes les études à faire sur le sol de la France, et elle restera pour tous un sujet d'admiration.

Elle permet au géographe de se rendre compte du relief si varié de notre pays, du mode d'écoulement de ses eaux, et de son régime hydrographique. Qui ne connaît d'ailleurs ces admirables descriptions dans lesquelles M. Élie de Beaumont a si bien montré les rapports qui existent entre l'orographie de la France et la constitution géologique de son sol?

Dans ses diverses études sur la géographie physique, M. Élie de Beaumont s'est en outre occupé des phénomènes actuels. Les *Leçons de géologie pratique* qu'il a professées en 1843 au collége de France, leçons dont la publication a malheureusement été interrompue, résument une partie de ses idées sur cette branche importante de la science, et elles sont devenues un livre classique qui n'est pas moins utile au géographe qu'au géologue.

Tous les membres de la Société de Géographie conser-

veront pieusement le souvenir de leur ancien président ; ils se rappelleront sa participation si active aux travaux de notre Société ; ils se rappelleront sa bienveillance et aussi sa générosité lorsqu'il y avait une infortune à soulager, ou bien lorsqu'il fallait donner les moyens d'entreprendre quelque voyage scientifique.

Pour ses élèves, auxquels je me fais gloire d'appartenir, il sera toujours un maître vénéré.

Élie de Beaumont sera pour tous l'un des savants dont notre pays a le droit d'être fier ; et, bien que sa mort laisse dans la science un vide impossible à combler, sa vie si belle, si bien remplie, si exclusivement consacrée à l'étude, restera comme un noble exemple pour les générations à venir !

NOTES

Recueillies pendant un voyage en Belgique sur la fabrication de fontes manganésées et phosphoreuses et sur leur emploi pour la production de fer à fin grain.

Par M. H. LE CHATELIER, élève ingénieur des mines.

Les minerais de fer traités en Belgique appartiennent, pour la plupart, aux trois classes suivantes : 1° *minettes de Luxembourg; 2° oligiste de Vezin; 3° limonite de la Campine*, tous minerais phosphoreux qui donnent des fontes tenant toujours 1 p. 100 de Ph, souvent 2 p. 100 et quelquefois même 4 p. 100. On ne peut produire, avec ces fontes, que des fers de qualité tout à fait inférieure, fers soudant à chaud, mais peu résistant à froid, qui servent pour tôles à réservoir, rails et fers communs.

En ajoutant à ces minerais des minerais d'alluvion du Luxembourg, de la Meuse, certains minerais existant en poches dans les calcaires anciens du sud de la Belgique, et en marchant à une allure un peu plus chaude, on obtient ce que l'on appelle des fontes pour fer fort, par comparaison avec les précédentes. Elles donnent des fers de qualité un peu meilleure que ces dernières, en partie parce qu'elles sont plus pures, mais principalement parce que, étant produites à une allure plus chaude, elles peuvent subir un affinage plus complet pendant le puddlage. Mais ces fers sont encore médiocres et ne peuvent être employés pour la tréfilerie fine, la fabrication des essieux de chemin de fer, etc.

Les qualités supérieures requises pour ces emplois s'obtiennent en traitant les minerais précédents mélangés à des

minerais de manganèse. On produit ainsi des fontes manganésées et phosphoreuses qui, par un puddlage suffisamment lent, donnent des fers de qualité supérieure, pouvant remplacer dans bien des cas les fers au bois de la Meuse.

Le rôle du manganèse dans ces opérations paraît être le suivant : au haut fourneau, il passe en partie dans le laitier dont il augmente la basicité et la fluidité, et facilite ainsi l'élimination du soufre. Mais c'est pendant le puddlage qu'il exerce son action principale, en permettant une élimination plus complète du phosphore et en donnant une fusibilité plus grande aux scories emprisonnées dans la loupe.

C'est la fabrication de ces fontes et leur emploi qui feront l'objet de la présente note. Elle comprendra deux parties :

Ire partie : fabrication des spiegels phosphoreux.

IIe partie : puddlage de ces fontes pour fer à fin grain.

Cette fabrication de fonte manganésée phosphoreuse pour fer fort à fin grain est concentrée en Belgique autour de la ville de Liége, dans les quatre usines d'*Ougrée*, *Grivegnée*, *Dolhain* et l'*Espérance*.

CHAPITRE PREMIER.

FABRICATION DES FONTES MANGANÉSÉES PHOSPHOREUSES.

Ces fontes, faites avec des minerais du pays, tiennent de 1 à 2 p. 100 de Ph, qui sera plus ou moins complétement expulsé au puddlage suivant la proportion de Mn auquel il se trouve associé. C'est donc d'après cette teneur en Mn que ces fontes sont classées.

Il y a trois numéros :

Fonte. . . . { C moins de 3 p. 100 de Mn,
B entre 3 et 6 p. 100 de Mn,
A plus de 6 p. 100 de Mn.

Je vais successivement passer en revue les matières premières employées à cette fabrication, les appareils, puis la fabrication elle-même avec ses produits

§ 1. — Matières premières.

Minerais. Les minerais employés à cette fabrication peuvent se classer en trois catégories :

1° Minerais ordinaires impurs;

2° Minerais accessoires plus purs;

3° Minerais de manganèse.

I. ***Minerais ordinaires impurs.*** — Ce sont les ***minettes du Luxembourg***, les ***oligistes de Vezin*** et la ***limonite de la Campine***. Ces minerais les plus abondants, mais aussi les plus impurs, forment le fond du roulement.

Minettes du Luxembourg. — Ce minerai forme une série de couches plus ou moins épaisses à la base du terrain jurassique. Il présente plusieurs variétés généralement siliceuses, quelquefois calcareuses. Il se présente en roche; son rendement est de 33 p. 100. Il donne une fonte tenant environ 2 p. 100 de phosphore.

Voici les analyses de quelque variétés préalablement desséchées à 100° :

LOCALITÉS.	MINETTE ROUGE calcareuse de Kayl.	MINETTE ROUGE siliceuse.	MINETTE GRISE d'Ottange.
HO.	20,27 (HO + CO^2)	10,68	6,12
CO^2.		5,02	12,88
SiO^2.	7,00	8,60	7,40
CaO.	18,25	6,40	16,40
MgO.	0,20	0,00	»
Al^2O^3.	3,00	8,23	7,23
Fe.	36,00	41,70	33,58
O.	15,48	17,87	14,59
S.	0,11	non dosé.	0,013
Ph.	0,50	0,973	0,947
Pertes.	»	»	1,04

(Laboratoire de Dolhain.)

Oligiste. — Ce minerai se trouve en filons ou en couches dans le terrain schisteux du sud de la Belgique. Il est plus riche que le précédent; sa teneur moyenne est de 45 p. 100, et plus pur; il donne des fontes tenant de 1 à 2 p. 100 de Ph. Sa gangue est argilo-schisteuse; il est en roche comme le précédent.

Voici les analyses de cinq minerais provenant de localités différentes :

LOCALITÉS.	HOUSSOIS.	HOUSSOIS.	VEZIN.	VEZIN.	BASOHA.	BEN-AHIN.	VILLE-EN-WARET.
HO et CO^2	4,95	4,45	8,50	11,78	23,85	10,75	7.60
Fe^2O^3	66,50	68,47	64,85	57,08	47,61	33,85	68,15
FeO	4		4,50				
SiO^2	23	14,9	9,55	18,75	4,95	37,62	25,85
Al^2O^3	6,25	8,48	5,60	6,89		14,18	6,50
CaO	4,25	2,70	3,70	5,50	23,59	3,60	1,80
MgO	1,50	»	1,70	»	»	»	»
S	0,16	»	0,10	»	»	»	»
Ph	0,50	»	0,40	»	»	»	»
Fe	48,25	48	48,90	41,08	34.52	24	47,70
Laboratoires.	Cockerill.	Ougrée.	Cockerill.	Ougrée.	Ougrée.	Ougrée.	Ougrée.

Limonite de la Campine. — Ce minerai sè trouve en couches dans les sables de la Campine (terrain tertiaire supérieur). Il est mêlé d'une proportion plus ou moins forte de ce sable. Il est tantôt pulvérulent, tantôt concrétionné. Les parties pulvérulentes sont beaucoup plus riches; elles renferment, après dessication, environ 12 p. 100 de sable, et leur teneur en fer est de 52 p. 100. Les parties concrétionnées sont au contraire en grande partie formées de silice. On ne les traite pas. Ce minerai, plus riche que les précédents, est malheureusement beaucoup plus impur. Il donne des fontes tenant de 3 à 4 p. 100 de Ph.

Voici l'analyse de l'un de ces minerais :

Eau d'imbibition	22,0
Eau de combinaison	18,0
Fe	37,5
SiO^2	4,0
CaO	0,2
Ph	1,0
O	16,0

II. ***Minerais accessoires plus purs.*** — Cette dernière classe renferme une série très-nombreuse de minerais peu abondants, mais plus purs que les précédents, et donnent des fontes tenant moins de 1 p. 100 de Ph.

Voici ceux que l'on rencontre le plus généralement dans les usines.

Minerai du pays en poches dans le calcaire dévonien. — Ce minerai se trouve en petits amas de richesse et de pureté variables. Il contient généralement du zinc; c'est un minerai en roche.

Voici l'analyse de l'un de ces minerais :

Matières volatiles	15,30
Matières insolubles	25,80
Matières solubles	0,75
Fer	40,70
O	17,45

Minerai jaune de la Meuse. — C'est un minerai pulvérulent qui donne des fontes de très-bonne qualité.

Minerai d'alluvion du Luxembourg. — C'est un minerai peu abondant; son extraction ne représente que $\frac{1}{100}$ de celle de la minette dans le même pays.

Sarrasins. — Ce sont des scories des anciennes forges; elles proviennent généralement de l'Ardenne. On les trouve dans les champs, formant de petits monticules dont on avait longtemps ingnoré la nature.

Voici une analyse de ces minerais :

Sarrasin de Polheure.

SiO^2	31,20
CaO	0,42
MgO	0,23
Al^2O^3	7,30
Fe^2O^3	61,60
Ph	0,52
S	0,71

(Laboratoire de Delbain.)

III. *Minerais de manganèse.* — Les minerais de manganèse employés pour cette fabrication sont des minerais plus purs que les précédents, mais pas encore assez purs pour faire du spiegel pour acier Bessemer.

Minerai de Nassau. — C'est le plus généralement employé; il tient 15 p. 100 de Mn métallique, et 33 p. 100 de Fe. C'est un minerai complétement pulvérulent à gangue argileuse.

Voici l'analyse d'un échantillon préalablement desséché à 100° :

Minerais de Unversagt.

HO et CO^2	12,40
SiO^2	9,60
CaO	1,40
MgO	1,25
Al^2O^3	6,20
Fe	33,06
O	14,61
Mn	14,59
O	8,21
Ph	0,26

(Laboratoire de Dolhain.)

Minerai d'Allemagne. — Ce minerai, employé à Grivegnée, est un minerai de fer; gangue abandonnée d'une ancienne mine de manganèse; il doit sa richesse en manganèse à des fragments de l'ancien minerai, abandonnés avec la gangue. Sa teneur moyenne est de 35 p. 100 de MnO^2.

Minerais du pays. — Ce sont des minerais en amas et filons dans les terrains anciens des environs de Spa. Ils sont assez abondants et riches en Mn, mais peu exploités à cause du manque de voies de communication. Ce sont des minerais en roche.

Voici un exemple d'analyse :

Minerais de Lierneux.

HO et Co^2	7,25
SiO^2	25,90
CaO	0,90
MgO	0,43
Al^2O^3	7,25
Fe	16,70
Mn	23,40
O	17,20
S	0,67
Ph	0,26

(Laboratoire de l'Espérance.)

Minerais de Moresnet. — Ces minerais, employés à l'Espérance, tiennent jusqu'à 9 p. 100 de Zn et 1,5 de Ph. Quand on les traite, les poussières des gaz recueillies au gueulard sont tellement zincifères qu'on les revend comme minerais de zinc. Le plomb réduit s'échappe du creuset par tous les joints des briques, et va se réunir dans la croix de Saint-André.

Castine. — On emploie comme castine une variété du calcaire carbonifère qui est très-pure; il se décompose et fond facilement au haut fourneau. On l'emploie de préférence au calcaire de Visé, qu'il faudrait faire venir de moins loin, mais qui est beaucoup plus compacte et beaucoup plus difficile à décomposer.

Voici l'analyse de ce calcaire :

HO et Co^2	42,80
SiO^2	0,60
Al^2O^3	0,65
CaO	55,45

(Laboratoire de l'Espérance.)

On emploie cependant à Dolhain le calcaire de Visé, à cause de la difficulté des transports.

Coke. — Le coke est fait avec les charbons du pays géné-

ralement non lavés. Chaque usine a ses fours; ce sont en partie des fours horizontaux, en partie des fours Appolt. Ces derniers sont de construction récente; on en élevait encore au moment de ma visite, mais on paraissait commencer en revenir sur leurs avantages. S'ils donnent un rendement supérieur en coke, celui-ci ferait, m'a-t-on dit, un moins bon usage au haut fourneau, au moins pour la fabrication des fontes manganésées.

Le coke fait avec du charbon non lavé avait une teneur en cendres de 18 à 22 p. 100. A l'Espérance, où on lavait les charbons, la teneur en cendres n'était que de 10 p. 100.

Voici l'analyse des cendres de ce coke :

SiO^2	50
Fe^2O^3	9
Al^2O^3	27
CaO	10
PhO^5	0,895
SO^3	1,184

(Laboratoire de l'Espérance.)

§ 2. — Appareils.

1. Haut fourneau. — Les hauts fourneaux ont une hauteur moyenne de 16 mètres environ. Ils sont tous à gueulard ouvert avec prise de gaz, généralement centrale, quelquefois latérale. Ils ont trois tuyères, dont deux seulement fonctionnent pour la marche en fonte manganésée.

Voici les dimensions principales d'un haut fourneau qui était en construction aux usines de l'Espérance au moment de ma visite. Ses dimensions avaient été spécialement calculées en vue de la fabrication qui nous occupe.

	mètres.
Hauteur totale	17,00
Hauteur de l'ouvrage	2,20
Largeur au gueulard	3,50
Largeur au ventre	4,80
Largeur à l'ouvrage	1,60

II. Machines soufflantes. — Ces machines présentent toutes les formes et toutes les dimensions possibles. C'est une conséquence des agrandissements et transformations qu'ont subis depuis leur fondation ces usines les plus anciennes du continent. Le type de machine généralement adopté aujourd'hui est celui de Seraing, système Woolf, avec cylindre à vent au-dessus des cylindres à vapeur.

La pression du vent est généralement de 10 à 15^c de mercure. Cependant, aux usines de l'Espérance, elle s'élève à 22^c.

III. Appareils a air chaud. — Les appareils employés sont tous en fonte et chauffent l'air vers 300°.

A *Grivegnée*, les appareils sont du système Wasser-Alfingen à tuyaux cylindriques et coudes intérieurs.

Ougrée. — Les appareils sont du système Calder. Dans les uns la flamme s'élève sur toute la largeur du four et sort par des ouvertures ménagées dans la voûte. Dans les autres il y a au milieu une cloison verticale, et les gaz montent d'un côté pour redescendre de l'autre et aller de là à la cheminée.

Dolhain. — Les appareils sont du système Calder. La surface de chauffe est de 3 mètres par 1 mètre cube de vent. La température du vent est de 350°.

L'Espérance. — Les anciens fourneaux avaient des appareils Calder ordinaires, dont la surface de chauffe était de 1^m,25 par 1 mètre cube de vent. La température du vent était de 150°.

Le nouveau fourneau aura des appareils Clarens, formés de tubes verticaux rectangulaires, cloisonnés. Leur hauteur est de 4 à 5 mètres et l'épaisseur de la fonte de 3 centimètres. L'air monte et descend quatre fois dans ces appareils. La surface de chauffe est de 2^{m2},5. On pense atteindre une température de 350°.

§ 3. — Travail.

I. Lit de fusion. — La composition des charges pour fontes manganésées diffère de celle des charges pour fontes d'affinage par l'addition de minerais manganésés et la proportion plus forte de castine et de coke.

Voici pour les usines de Dolhain et de Grivegnée, les compositions des charges rapportées à 1.000 de coke :

	DOLHAIN. — Fonte manganésée.	GRIVEGNÉE. Fonte manganésée.	GRIVEGNÉE. Fonte d'affinage.
	kilog.	kilog.	kilog.
Coke	1.000	1.000	1.000
Castine	550 à 750	500	850
Minerais ordinaire	1.550 à 1.800	1.500	2.500
Minerais manganésé	400 à 600	500	

Il ne faut pas attacher une grande importance aux dosages en castine, parce qu'une partie des minerais portent leur castine avec eux. On ne peut se faire une idée exacte de la teneur en calcaire du lit de fusion que par l'analyse des laitiers.

La charge de minerai était, à l'usine de Dolhain, composée de la façon suivante :

Minette rouge	40
Minette grise	15
Sarrasins	12
Hasselt (Campine)	10
Minerais de pays	21
	100

II. Allure. — L'allure pour spiegel est la même que pour fonte truitée. La charge, comme je l'ai dit précédemment, doit être assez forte en coke et en castine. De plus la marche doit être très-lente pour assurer une réduction suffisante du Mn ; c'est d'une importance extrême surtout pour les fontes les plus manganésées, car il suffit alors

d'une faible augmentation de vitesse pour faire passer dans les laitiers une beaucoup plus forte proportion de manganèse. On ralentit la marche en étranglant le vent ; il en résulte une pression très-faible à la sortie des tuyères. Cela a l'inconvénient de faire monter le feu le long des parois et de hâter beaucoup la destruction de l'ouvrage. On n'est pas d'accord sur la température du vent la plus convenable ; suivant les uns elle ne devrait pas dépasser 240°, mais l'opinion qui prévaut est qu'elle doit être la plus élevée possible.

Si l'on n'est pas d'accord sur la température du vent, on reconnaît néanmoins qu'il est nécessaire d'avoir dans le bas du fourneau la plus haute température possible. Cela a conduit à avoir un ouvrage étroit et profond. C'est ainsi que dans le fourneau neuf de l'Espérance on lui a donné 2 mètres de hauteur.

Voici quelques renseignements numériques qui peuvent servir à caractériser l'allure. J'y ai joint quelques renseignements relatifs à la fonte d'affinage pour servir de terme de comparaison.

	PRESSION du vent.	TEMPÉRATURE du vent.	PRODUCTION en fonte d'affinage.	PRODUCTION en fonte manganésée.
	centimètres.	degrés.	tonnes.	tonnes.
Grivegnée.	10	250	40	26
Dolhain.	12	350	35	A 23 B 27

III. PRODUIT. — Les produits sont de deux sortes : fonte et laitier.

Fonte. — Les fontes manganésées sont divisées en trois numéros A, B, C.

La fonte A tient plus de 6 p. 100 de Mn. Il présente des facettes comme les spiegels allemands, mais plus petites. La fonte B tient entre 3 et 6 p. 100 de Mn. Il présente des petites facettes à peine distinctes.

La fonte C tient moins de 3 p. 100 de Mn ; il est sim-

plement rayonné sans présenter aucunes traces de facettes.

La composition moyenne de ces fontes, comparée à celles d'affinage, est la suivante :

	Affinage.	Fonte C.
Ph.	1,00 à 2,00	1,00 à 2,00
Si.	0,20 à 0,50	0,50 à 1,00
S.	0,30	0,10 à 0,01
C.	2	3
Mn.	0	0,25 à 3,5

Les différences de composition de ces fontes, indépendamment du manganèse, sont donc les suivantes :

1° La proportion de C et Si a augmenté par suite d'une allure plus chaude ;

2° Celle de S a diminué parce que le laitier est devenu manganésé et plus calcaire ;

3° Celle de Ph n'a pas changé du tout. On voit donc tout de suite que la présence du manganèse ne produit à ce point de vue aucune épuration des fontes dans le haut fourneau.

Laitier. — Les laitiers obtenus dans la fabrication de ces fontes sont verts à l'intérieur, brunâtres à la surface. Ils renferment une partie du manganèse du lit de fusion, depuis la moitié jusqu'aux deux tiers, suivant que l'opération est plus ou moins bien conduite. Pour éviter cette scorification du manganèse, on ajoute beaucoup de chaux au lit de fusion ; on arrive ainsi pour le spiegel A à avoir des laitiers assez calcaires pour se déliter complétement à l'air dans l'espace de vingt-quatre heures. Cependant à l'usine d'Ougrée on travaillerait, m'a-t-on dit, avec des laitiers plus siliceux, ce qui permettrait de réaliser une économie notable sur le combustible.

Voici une série d'analyses des fontes et des laitiers provenant de ces diverses usines.

Grivegnée.

Fonte.	Ph.	1,6
	Si.	1
	C.	3.5
	Mn.	2 à 3

Ougrée.

Fonte.	Mn	3,04	1,5	1,6	5,27	5,00
	Pb	1,09	1,2	1,46	»	»
	S	»	0,1	»	»	»
	Si	0,60	0,2	0,44	0,70	0,60
	C	»	»	»	6,29	4,20

Dolhain (laboratoire de Dolhain).

Fonte.	Mn.	2,65	2,73
	Ph.	1,20	0,52
	S.	0,009	0,05
	Si.	0,98	0,97
	C.	2,25	2,12
	Cu.	0,03	

Laitier. — Voici l'analyse d'un laitier se délitant à l'air, correspondant à une fonte A, à 6 p. 100 de Mn :

SiO^2	32,75
CaO	36
MgO	9,77
Al^2O^3	17,82
FeO	0,93
MnO	1,21
S.	0,74

Sa teneur en chaux paraît faible pour un laitier se délitant, mais il faut remarquer qu'il y a 10 p. 100 de MgO, et qu'une partie de l'alumine peut également jouer le rôle de base.

L'Espérance (laboratoire de l'Espérance). — J'ai mis sur une même verticale les analyses des fontes et laitiers provenant d'une même opération.

Fonte.	Mn.		0,279	»
	Ph.		1,84	2,804
	S.		0,04	»
	Si.		0,213	0,376
Laitier.	SiO^2.	35,00	39,00	38,00
	Al^2O^3.	13,00	12,00	14,60
	PhO^5.	0,36	1,625	0,20
	S.	0,59	»	0,45
	MnO.	0,50	2,00	1,50
	CaO.	45,00	40,00	41,00
	FeO.	3,76	2,17	2,17

IV. *Discussion des résultats.* — En résumé, les différences qui existent entre le travail pour fonte manganésée et pour fonte d'affinage proviennent des difficultés de la réduction du manganèse, même d'une réduction incomplète, car on n'arrive jamais à réduire plus de la moitié de celui que contient le lit de fusion.

Les différences consistent essentiellement dans :

La lenteur de la marche;

Le dosage de la castine;

La température du bas du fourneau;

La nature du coke;

La pression du vent.

Lenteur de la marche. — J'ai déjà signalé son importance. Dès qu'on dépasse une certaine production journalière, dépendant d'ailleurs des conditions où l'on se trouve, on voit très-rapidement la presque totalité du manganèse passer dans le laitier. Pour l'usine du Dolhain, ces limites étaient les suivantes :

Fonte. . . . . A à 6 p. 100 de Mn. . . .	23^T
— . . . . B à 3 p. 100 de Mn. . . .	27
Fonte d'affinage.	35

Le dosage de la castine doit être beaucoup plus élevé que pour la fonte d'affinage. La chaux n'a plus ici seulement pour but de donner un laitier fusible, elle sert surtout à

expulser du laitier le MnO qui n'aurait pas été réduit dans le haut du fourneau, et par suite de la formation trop rapide de silicate fusible.

Température élevée dans l'ouvrage. — La chaux ajoutée précédemment doit mettre en liberté le MnO afin qu'il puisse se réduire, réaction qui ne peut se produire, exige une atmosphère réductrice et un temps suffisant. Le laitier doit donc se former avant d'arriver aux tuyères, dans l'ouvrage. On aura dans cette région la température voulue, en conservant l'ouvrage étroit sur une hauteur suffisante. C'est ainsi qu'à l'Espérance on a été amené à lui donner une hauteur de 2 mètres.

Mais pour la réduction la chaleur ne suffit pas, il faut aussi le temps. La hauteur de l'ouvrage contribue à le fournir, mais on l'obtient principalement en réglant la lenteur de la marche du fourneau par l'étranglement du vent.

Nature du coke. — Le coke employé jusqu'à ces derniers temps était fabriqué dans des fours horizontaux plus ou moins imparfaits. Depuis peu l'on commence à employer les fours Appolt, mais l'emploi du coke qu'ils donnent ne serait peut-être pas aussi avantageux dans la fabrication des fontes manganésées que dans celles des fontes d'affinage. Ainsi, à Dolhain on a constaté avec ces cokes une consommation de combustible plus grande. Faut-il attribuer ce fait à ce que le coke dense et en gros morceaux est brûlé difficilement par un vent à aussi faible pression que celui que l'on emploie, et qu'alors une partie est entraînée empâtée dans les laitiers? Faut-il l'attribuer simplement à ce que l'on éteint généralement le coke Appolt avec un grand excès d'eau, et que cette eau en excès en se volatilisant dans la partie supérieure du fourneau le refroidit? Cela est possible, mais il se peut également que les différences de propriétés physiques du coke amènent des différences dans les réactions chimiques

suffisantes pour expliquer des consommations inégales de combustible. En effet, les expériences de M. Lothian Bell ont montré qu'à une température donnée l'action réductrice du coke sur l'acide carbonique, et par suite du gaz des hauts fourneaux sur le minerai était d'autant plus énergique que la densité et la compacité de ce coke étaient plus faibles. Dans la fabrication de la fonte d'affinage où les quantités de combustible nécessaires pour la fusion assurent largement la réduction complète du minerai, il y aura donc avantage à avoir du coke très-dense. Mais dans la fabrication des fontes manganésées où la réduction des minerais n'est jamais assurée, puisqu'il y a toujours au moins la moitié du manganèse qui passe dans le laitier, il pourra y avoir avantage à se servir de coke léger et poreux donnant une atmosphère plus réductrice dans la partie supérieure du fourneau.

Pression du vent. — Il existe encore une différence entre la marche pour fonte manganésée et pour fonte d'affinage : c'est dans la pression du vent. Mais cette différence est-elle accidentelle ou calculée? De fait elle existe, car on ralentit la production en étranglant le vent; il y a donc une diminution de pression. Mais ce fait a peut-être une seconde raison d'être, celle de protéger les gouttelettes de fonte contre l'action de l'acide carbonique dans la zône de combustion complète. En effet, en diminuant la pression, la zone de combustion complète se relève vers les parois, de sorte que sa projection horizontale occupe une bien plus faible fraction de la section de l'ouvrage. Le nombre des gouttelettes qui ont à la traverser se trouve donc diminué.

CHAPITRE II.

FABRICATION DES FERS A GRAIN FIN.

Les fontes dont je viens de décrire la fabrication servent à la production de fers de qualité supérieure, dits fers à fin grain. On les emploie à des usages spéciaux tels que tréfilerie fine, tôles minces, essieux et bandages pour chemin de fer.

Il y a différentes qualités de ces fers à fin grain. A l'usine de Grivegnée on les classe sous quatre numéros, plus un cinquième dit extra ou acier.

Je vais d'abord décrire les appareils, puis la fabrication avec ses résultats.

§ 1. — Appareils.

Les fours à puddler sont des fours ordinaires, à une sole à l'usine de Grivegnée, à deux soles à l'usine d'Ougrée-Lamarche.

La sole est portée sur des plaques en fonte refroidies par un courant d'air. — Elle est composée de riblons et de battitures. On la refait tous les lundis matins. Les trous sont bouchés avec des riblons; on met une couche de battitures, puis on saupoudre le tout d'un peu de sable, pour donner à la matière une fusibilité suffisante qui lui permette de s'agglomérer.

Le garnissage extérieur est fait avec les minerais oligistes des environs de Namur, dont j'ai donné l'analyse dans la première partie. On choisit les variétés les moins argileuses. On répare ce garnissage après chaque opération. Pour cela on remet des morceaux de minerai aux places où il en manque, et l'on rejette, par-dessus au moyen d'un ringard, la scorie fondue qui est restée dans le four.

La chaleur perdue de ces fours est utilisée pour chauffer des chaudières horizontales placées à la suite. A Grivegnée il y en a une pour deux fours, et à Ougrée une pour deux, trois ou quatre fours.

Le martelage des loupes se fait toujours, pour les fers de qualité supérieure, au moyen de marteaux-pilons. Pour les autres fers on emploie, à Grivegnée, des presses à mâchoires. Dans cette usine les marteaux pour loupes pèsent 2t,5. Ils sont conduits par deux équipes d'ouvriers qui manœuvrent également le marteau de réchauffage; le dernier pèse 4 tonnes. Pour un groupe de vingt-quatre fours, il y a deux marteaux-pilons et deux presses.

Les laminoirs ébaucheurs comprennent deux cages. — L'une porte des cylindres à cannelures ogives; l'autre à cannelures emboîtantes.

§ 2. — Charges.

Les charges se composent de fontes manganésées mêlées avec des fontes blanches pour fer fort. Les fontes manganésées sont celles dont j'ai décrit précédemment la fabrication. — Les fontes pour fer fort sont produites avec des minerais un peu plus purs et une allure un peu plus chaude que les fontes d'affinage ordinaires. Elles tiennent généralement moins de 1 p. 100 de phosphore. On mélange ces deux variétés de fonte pour former les charges de puddlage; quelquefois on traite isolément des fontes manganésées, mais alors leur teneur en manganèse ne doit pas dépasser 5 p. 100. Sans cela il serait impossible d'obtenir un affinage complet.

Voici les poids et la composition des charges dans les usines que j'ai visitées.

A *Grivegnée*, les charges en fontes manganésées sont de 200 kilog., tandis que les charges en fonte d'affinage sont de 220 kilog.

A *Ougrée* les charges sont toujours de 225 kilog.

Voici la composition des charges pour acier ou fer à fin grain de première qualité servant par exemple à la fabrication de tôles pour tubes en fer étiré :

175 kilog. spiegels d'Ougrée à 7 p. 100 de Mn.
50 kilog. fonte pour fer fort.

ou encore le mélange suivant :

50 kilog. spiegels d'Allemagne à 12 p. 100 de Mn.
175 kilog. fonte pour fer fort.

Pour les fers à fin grain de deuxième qualité, on traite isolément des fontes tenant 5 p. 100 de Mn.

A *Dolhain* où il n'y a du reste pas de fours à puddler, on m'a donné les renseignements suivants, comme moyenne habituelle des forges du pays.

Pour acier ou fer à fin grain de qualité extra, on charge de $\frac{1}{2}$ à $\frac{2}{3}$ de fonte A tenant plus de 6 p. 100 de Mn, et le reste en fonte pour fer fort.

Pour acier de deuxième qualité, ou fer à fin grain de première qualité excellent pour la tréfilerie, on charge $\frac{1}{3}$ de fonte A et le reste en fonte blanche pour fer fort.

Enfin pour fer à fin grain de deuxième qualité on charge $\frac{1}{2}$ fonte B tenant de 3 à 6 p. 100 de Mn et le reste en fonte blanche pour fer fort, ou bien on charge complétement en fonte C tenant moins de 3 p. 100 de Mn.

§ 5. — Travail.

Avant de faire les charges on jette dans le four des battitures, puis on met la fonte et on la fond rapidement. Ensuite on conduit très-lentement le travail, d'autant plus lentement que l'on veut faire des qualités supérieures, et l'on maintient la température du four aussi haut que possible.

Pour les fers à fin grain de première qualité on ne fait

que quatre charges en douze heures, soit 900 kilog. de fonte traités, tandis que pour les fers communs on fait huit charges en douze heures, soit 1.700 kilog. de fonte traités.

Les loupes une fois terminées sont martelées et laminées, puis les ébauchés sont tous cassés pour juger de leur grain. On les classe en deux catégories;

1° Ceux dont toute la cassure présente un grain suffisamment fin et bien uniforme;

2° Ceux dont la cassure présente des parties fibreuses. Ceux-là ne peuvent être employés pour les mêmes fabrications que les précédents; ce sont des fers de qualité inférieure.

Pour éviter des mélanges nuisibles à la qualité des produits, les ouvriers ne doivent pas ramasser les déchets qui tombent autour du marteau. Ces déchets sont repassés dans un ou deux fours spécialement consacrés à cet usage dans l'usine.

Le travail cesse tous les samedis; on éteint les feux dans l'après-midi et on ne reprend que le lundi dans la soirée. Le lundi matin est consacré aux réparations et à la mise en feu, mais dans l'après-midi les fours ne sont pas encore assez chauds pour traiter des fontes manganésées; on n'y traite que des fontes d'affinage ordinaires.

§ 4. — Résultats.

Production. — J'ai dit dans le chapitre précédent que le roulement journalier par jour et par douze heures était de 900 kilogrammes de fonte pour les fers à fin grain de qualité supérieure, et de 1.700 kilogrammes de fonte pour les fers communs.

Déchet. — Le déchet dans le traitement des fontes manganésées est bien inférieur à celui des fontes ordinaires. Ainsi à Grivegnée 200 kilogrammes de fontes manganésées donnent 190 kilogrammes de fer, soit un déchet de 5 p.

100. Au contraire 220 kilogrammes de fontes communes donnent 200 kilogrammes de fer, soit un déchet de 10 p. 100. En réalité les déchets sont plus considérables à cause de la consommation des riblons qui ont servi à faire la sole.

Cette différence doit tenir à ce que le travail étant conduit plus lentement, le brassage étant moins énergique, la fonte se trouve moins souvent exposée directement à l'action oxydante de la flamme. L'affinage se fait uniquement par l'intermédiaire de la scorie, et alors à l'oxydation du C et de Mn peut correspondre la précipitation de quantités correspondantes de fer. En effet, ce déchet de 5 p. 100, s'il était exact, correspondrait exactement à l'élimination du carbone, du phosphore et du manganèse.

Combustible. — La consommation des combustibles pour le puddlage du fer à fin grain est en moyenne, à Ongrée, de 1 tonne pour 1 tonne d'ébauchés produits.

Analyses des produits. — Voici d'abord, à titre de simples renseignements, des analyses provenant d'une usine que je n'ai pas visitée. Ces analyses se rapportent toutes, sauf une, aux produits du traitement des *fontes ordinaires* et non pas des fontes manganésées; je les donne seulement pour servir de termes de comparaison. Elles montrent les qualités de fer que donnent les minerais du pays.

	Fers martelés et laminés.		Tôle laminée et réchauffée.
SiO^2	0,807	0,614	0,266
S	0,173	0,053	0,106
Ph	0,662	0,299	0,299

Il faut remarquer que, d'après les méthodes d'analyses employées, la silice provient non-seulement du Si de la fonte, mais aussi de la silice des scories interposées dans le fer, qui doit y entrer au moins pour la moitié, sinon plus.

Voici maintenant une analyse de fer préparé avec un mélange à poids égal de fonte manganésée et de fonte blanche ordinaire :

Fer à fin grain.

SiO^2	0,277
S.	0,016
P.	0,103

En rapprochant cette analyse des précédentes, on peut déjà se rendre compte de l'influence du manganèse sur l'élimination du phosphore.

Je n'ai pu me procurer d'analyses des produits des deux usines que j'ai visitées, mais grâce à l'obligeance de M. Orban, propriétaire de l'usine de Grivegnée, j'ai pu faire l'analyse de quelques échantillons provenant de cette usine. Ces analyses ont été faites par la méthode si élégante de M. Schlœsing, qui consiste à attaquer le métal par un courant de chlore gazeux, arrêter le chlorure de fer par une colonne de chlorure de potassium et condenser dans l'eau les chlorures des métalloïdes; leur dosage devient alors très-facile puisqu'ils se trouvent séparés de toute espèce de base.

Ces analyses ont porté sur la fonte employée, les deux qualités d'ébauchés que donne une même charge et sur les verges de tréfilerie qu'elles ont servi à faire.

L'ébauché n° 1 a une cassure à grain fin uniforme sur toute la section.

L'ébauché n° 2 présente une partie nerveuse dans sa cassure.

La verge n° 1 a été faite en réunissant deux ébauchés n° 1.

La verge n° 2, en étirant un ébauché n° 2.

Fonte.

C.	= 3,5
Si.	= 1
Ph..	= 1,6
Mn.	= 2 à 3

Fer ébauché n° 1.	Verge n° 1.
Ph. . . . . = 0,055	Ph.. . . . = 0,05
C + scories interposées = 1,3	C + scories interposées = 1,2
An. des scories. SiO^2 = 19 p. 100	An. des scories. SiO^2 = 15 p. 100
— Fe^2O^3 = 55 p. 100	— Fe^2O^3 = 40 p. 100

Fer ébauché n° 2.	Verge n° 2.
Ph = 0,03	Ph = 0,01
C = 0	C = 0
Scories interposées = 1,6	Scories interposées = 1,4

Je n'ai rien de particulier à dire sur l'analyse de la fonte, mais celles des fers demandent quelques explications.

1° *Phosphore.* — Le phosphore a été dosé à l'état de phosphate d'argent. Il s'est toujours trouvé rougeâtre, ce qui indique la présence de l'arséniate d'argent ; et en effet j'ai reconnu dans ces fers la présence de l'arsenic au moyen de l'appareil de Marsh. Ainsi ce que j'ai compté comme phosphore dans les analyses des fers est en réalité la somme de Ph et As.

2° *Carbone.* — Par l'attaque au chlore gazeux, il reste dans la nacelle le carbone et les scories interposées mécaniquement dans le fer. Ce carbone est soluble dans l'acide azotique, comme il l'est lorsqu'on dissout directement le fer dans l'acide azotique.

Il n'y a que l'ébauché n° 1 et la verge n° 1 où j'aie trouvé du carbone, mais je ne l'ai pas dosé. J'ai néanmoins constaté sa présence par la couleur noire du résidu, la couleur brune de la liqueur azotique, et enfin la différence entre le poids de ce résidu et la somme des éléments dosés dans la scorie.

En l'estimant ainsi par différence, on trouverait environ C = 0,4 p. 100.

3° *Scories.* — Les scories forment avec le carbone le résidu de l'attaque au chlore. Je les ai traitées par l'acide azotique. Dans les deux premières analyses j'ai eu un résidu blanc que j'ai compté comme silice. Cette scorie atta-

quable devait être de la scorie au sein de laquelle les loupes se sont formées.

Dans les deux dernières analyses, le résidu de l'attaque à l'acide azotique était rouge noir, ce n'était donc plus la même scorie; il est probable que c'était en partie de l'oxyde magnétique de fer provenant de la combustion directe du fer métallique par les gaz oxydants de la flamme, en partie de la scorie de puddlage peroxydée.

Ces analyses permettent de tirer quelques conclusions sur les différences qui existent entre le fer n° I, dont la cassure présente un grain uniforme, et le fer n° II, dont la cassure présente des parties nerveuses.

Le n° I contient environ 0,4 de C, et le n° II n'en contient pas.

Le n° I renferme moitié plus de Ph que le n° II.

Le n° I renferme moitié moins de scories interposées, et cette scorie est complétement attaquable à l'acide azotique, tandis que le n° II laisse un résidu rouge noir semblable à l'oxyde magnétique.

Ces différences peuvent donc se résumer en une oxydation plus avancée du C, du Ph et du Fe, dont une partie s'est brûlée au dernier moment; en un mot l'affinage a été poussé plus loin.

Malgré cet affinage plus complet, la qualité du fer n'est pas améliorée, parce que les scories et oxydes interposés s'étant peroxydés, cessent d'être fusibles à la température, à laquelle on travaille le fer. Ils empêchent alors les grains de fer de se souder, et détruisent l'homogénéité de la masse. Leur interposition produit ainsi des surfaces de moindre résistance dont la présence donne naissance au nerf pendant la rupture.

§ 5. — Théorie de l'opération.

L'opération diffère du puddlage ordinaire par l'emploi des fontes à la fois manganésées et phosphoreuses. L'emploi des fontes manganésées n'est pas une nouveauté; c'est ainsi que se font tous les aciers puddlés, c'est ainsi aussi que l'on fabrique ce que l'on appelle les fers au bois de la Haute-Marne, avec des mélanges de fontes grises au coke et de spiegel d'Allemagne; mais, dans ces deux cas, les fontes que l'on emploie sont des fontes déjà assez pures.

Ici, au contraire, on traite des fontes très-phosphoreuses tenant de 1 à 1,5 de Ph, qui ne pourraient donner que des fers très-communs. Par une addition convenable de Mn, on arrive à produire des fers de première qualité. Comment peut-on expliquer cette influence du manganèse?

Son rôle est probablement très-complexe, il doit agir, par sa présence, dans la scorie en la rendant plus fluide; il doit agir, comme dans le Bessemer, par les faibles quantités qui restent dans le métal après l'opération, enfin il doit agir par ses propriétés chimiques pendant l'affinage lui-même, et c'est là le rôle qui paraît le plus net.

Étudions successivement l'élimination des trois principales impuretés, le *soufre*, le *silicium* et le *phosphore*.

1° *Soufre*. — Le soufre, comme je l'ai dit précédemment, a été à peu près complétement éliminé dans les laitiers au haut fourneau, grâce à la présence du manganèse; de ce côté l'affinage ne présente donc aucune difficulté.

2° *Silicium*. — On sait, depuis les expériences de MM. Lan et Calvert, que le silicium, dans le puddlage des fontes ordinaires, est expulsé en grande partie avant que le carbone commence à s'oxyder, mais qu'il ne l'est jamais complétement. L'introduction du manganèse modifie-t-elle ces réactions? Pour en juger, je ne connais qu'une expérience de M. Drassde, chimiste à Freyberg. Il a analysé deux échantillons, l'un de la fonte manganésée que

l'on puddlait, l'autre du métal quand le bain commençait à monter :

	Fonte.	Métal.
C.	3,6	3,35
Si.	2,64	0,13
Mn.	2,28	0,48
Ph.	0,265	0,063
S.	0,120	0,000
Fe.	91,021	95,524

Ainsi la proportion de silicium était tombée de 2,64 à 0,13 avant que le carbone ait commencé à s'oxyder.

Si l'on compare ces analyses à celles de MM. Johnson et Calvert, qui sont les suivants :

	Heures.	Carbone.	Silicium.
Fonte.	0	2,27	2,72
Échantillon n° 5. . .	1,35	1,64	0,182
Fer puddlé n° 9. . .	2	0,296	0,120

on voit que pour avoir une semblabls élimination du silicium dans une fonte non manganésée, il faut attendre que l'opération soit complétement terminée. La présence du manganèse paraît donc hâter beaucoup l'élimination du silicium.

On peut encore rapprocher ces résultats de ceux obtenus dans la fabrication de l'acier fondu par la méthode de « ores process » aux *Landore Siemens steel works*, l'acier étant préparé par la fusion sur sole ouverte de fonte manganésée et de minerai de fer. Voici les analyses d'échantillons pris d'heure en heure :

	Carbone.	Silicium.	Manganèse
Fusion de la fonte.	1,9	0,57	1,14
1 heure après.	1,8	0,233	0,576
2 —	1,7	0,183	0,2
3 —	1,65	0,05	0,08
4 —	1,6	0,0	0,0
5 —	1,1	»	»
6 —	0,6	»	»
7 —	0,2	»	»

Ces résultats sont complétement d'accord avec ceux qu'avait obtenu depuis longtemps M. le colonel Caron dans des expériences de laboratoire.

3° *Phosphore.* — Si le silicium s'oxyde en grande partie avant le carbone, il n'en est pas de même pour le phosphore, dont l'élimination ne commence ordinairement que quand la fonte est presque complétement affinée.

La présence du manganèse modifie-t-elle cet état de choses? On pourrait le croire d'après les qualités de fer à grain qu'on obtient dans les usines que je viens de décrire. L'analyse de M. Drassde que j'ai citée plus haut semble conduire aux mêmes conclusions; le phosphore est presque complétement éliminé au commencement de la période d'ébullition. Cependant ce n'est pas là une preuve décisive, car la quantité de phosphore contenue dans la fonte était déjà assez faible.

Les analyses des produits de l'usine de Grivegnée, que que j'ai données plus haut sont, si elles sont exactes, une démonstration plus évidente de la théorie que j'avance. Elles montrent en effet que, grâce à l'emploi du manganèse, des fontes tenant 1,6 p. 100 de Ph, ont donné des fers n'en tenant plus que 0,05 p. 100 et même 0,01.

Des expériences de laboratoire du colonel Caron semblent contredire cette influence du manganèse sur le phosphore. Mais il faut considérer qu'il a opéré sur du métal maintenu en fusion tout le temps, conditions se rapprochant plus de celles de la fabrication de l'acier au four Siemens et à l'appareil Bessemer. Là, en effet, il n'y a aucune élimination du phosphore. On ne peut cependant en tirer aucune conclusion pour le puddlage où il est certain, au contraire, qu'il y a élimination du phosphore, et où la seule question est de savoir si elle est plus ou moins complète.

Cette influence du manganèse peut, je crois, s'expliquer de la façon suivante : Partant de ce fait, que le manganèse

pendant le puddlage s'oxyde en grande partie avant le carbone, je suppose l'opération divisée en deux périodes :

1° *Le carbone ne s'oxyde pas encore.* — Cette période existe toujours dans le puddlage, mais sa durée est augmentée du temps nécessaire pour l'oxydation du manganèse. Pendant ce temps les matières nuisibles commencent à s'éliminer et la fonte subit un affinage partiel qui est d'autant plus complet qu'il a été prolongé plus longtemps.

2° *Le carbone s'oxyde.* — On peut se considérer comme opérant sur une fonte non manganésée, mais plus pure que celle que l'on avait au commencement de l'opération; on aura donc des produits de meilleure qualité que si l'on avait traité directement cette fonte sans addition de manganèse.

A ce point de vue, je ne considère le manganèse que comme retardant l'oxydation du carbone, résultat que son état graphitoïde dans les fontes grises procure aussi. Tout autre corps, tel que le silicium, s'oxydant plus facilement que le carbone, produirait encore le même résultat. Mais le manganèse a sur eux tous deux grands avantages :

1° Les petites quantités qui en restent dans le fer, loin de lui nuire, lui sont très-utiles.

2° Le manganèse, en s'oxydant, donne une base énergique qui ne peut que faciliter l'oxydation des impuretés du fer, celles-ci donnant, en général, des acides. On peut rapprocher ce fait de ce qui se passe avec l'antimoine et le plomb. Ces deux métaux, pris isolément, s'oxydent plus ou moins lentement au rouge. Combinés au contraire sous forme d'antimoniure de plomb, ils brûlent instantanément en donnant de l'antimoniate de plomb.

Voilà pour l'influence du manganèse sur les propriétés chimiques du fer; mais les qualités de ce métal dépendent également de ses propriétés physiques, notamment de sa texture, et la texture dépend presque exclusivement de la

fusibilité plus ou moins grande des scories interposées. Or les expériences de M. Lan et de M. List ont montré qu'à mesure que l'affinage avance, les scories se suroxydent et deviennent plus pâteuses; le fer ainsi devient donc plus nerveux. Si l'on remplace une partie de l'oxyde de fer par des oxydes non suroxydables et très-fusibles par de l'oxyde de manganèse, des alcalis, on aura, à égalité d'affinage, une scorie moins pâteuse, un fer moins nerveux, ou à égalité de nerf, un affinage plus avancé; ou aura donc amélioré les qualités du fer en modifiant dans le premier cas ses propriétés physiques, dans le second ses propriétés chimiques. A ce point de vue le manganèse jouerait dans le puddlage à la houille un rôle analogue à celui que jouent dans l'affinage au charbon de bois les alcalis provenant des cendres du combustible.

Le rôle du manganèse est-il aussi complexe que je viens de le supposer là? C'est possible, mais on ne saurait le décider par quelques analyses isolées. Quoiqu'il en soit cependant, son influence peut difficilement être mise en doute, quand on voit du minerai qui ne peut servir qu'à des fabrications communes, rails, tôle, etc., devenir, par la simple addition de 15 p. 100 de minerais manganésés, convenable pour les fabrications les plus soignées, telles qu'essieux, bandages, tréfilerie, tubes et fer étirés.

EXTRAIT DU RAPPORT

FAIT

AU NOM DE LA COMMISSION (*) CHARGÉE DE PROCÉDER A UNE ENQUÊTE PARLEMENTAIRE

SUR

L'ÉTAT DE L'INDUSTRIE HOUILLÈRE EN FRANCE

Par M. DUCARRE, membre de l'Assemblée nationale.

Intensité, origine et causes de la crise houillère de 1872-1873.

Définition de la crise. — L'enquête écrite, aussi bien que tous les témoignages qu'on a pu réunir de divers côtés, établissent que la crise a, essentiellement et presque uniquement, consisté dans l'augmentation considérable du prix des charbons. Nulle part le combustible n'a fait absolument défaut, du moins en France. Si parfois il a été difficile de s'en procurer, cette difficulté trouve son explication dans des circonstances spéciales, telles que l'insuffisance momentanée du matériel des chemins de fer à la suite de la guerre, la panique des consommateurs faisant, tous au même moment, des commandes supérieures à leurs besoins. Mais il n'y a pas eu, à proprement parler, de rupture d'équilibre bien sensible entre la production et la consommation ; et tout le monde a pu se procurer du charbon, en consentant aux prix exigés par les détenteurs de la marchandise.

Presque partout la fabrication et le travail ont conservé la même activité qu'avant la crise ; le nombre des chômages d'usine dé-

(*) M. A. de Lapparent, ingénieur des mines, a rempli les fonctions de secrétaire adjoint à la commission.

— Les *Annales des mines* ont donné (partie administrative, 1873, p. 233 et 248) la résolution, du 13 juillet 1873, en suite de laquelle il a été procédé à cette enquête parlementaire. Il eût été désirable de pouvoir également reproduire le rapport qui en fait connaître les résultats, mais le défaut d'espace ne

terminés directement par la hausse ou le manque de charbon a été insignifiant et, s'il y a eu diminution de l'activité industrielle sur quelques points, notamment en ce qui concerne les verreries du Nord et un certain nombre de fabriques de sucre, cette diminution a été compensée par une augmentation de la production, sur d'autres points plus favorisés. En d'autres termes, la rareté ou le manque de houille doivent être considérés comme des accidents locaux, indépendants des circonstances de la production, houillère, et c'est seulement dans l'étude des variations de prix du combustible minéral qu'il faut chercher toute l'histoire de la crise.

Variations de prix du combustible minéral. — A cet égard, ce qu'il importe de mettre en lumière, ce n'est pas la somme dépensée, à chaque moment, par l'industrie, pour se procurer une quantité déterminée de houille, c'est le cours du charbon à différentes époques, abstraction faite de l'influence des marchés antérieurement conclus. Le cours des houilles de diverses provenances est facile à connaître, grâce à des organes spéciaux de publicité, tels que le journal *la Houille*, le journal *le Charbon*, le *Bulletin de la Société de l'industrie minérale de Saint-Étienne*, etc.

La commission a donc fait analyser la collection de ces docu-

---

permet pas l'insertion intégrale d'un document qui n'a pas moins de 170 pages. Il comprend, d'ailleurs, les divisions suivantes :

Crise houillère de 1872-1873.

Intensité, origine et causes de la crise.

État actuel de la production et de la consommation de la houille en France.

Recherche des moyens propres à assurer le développement de l'industrie houillère en France.

Étude sur les principaux bassins houillers exploités.

Recherche de gisements nouveaux.

Réunions de concessions.

Résumé et conclusions.

Législation sur les mines et réformes proposées (rapport de M. de Marcère, membre de l'Assemblée nationale).

Modifications à la loi de 1810 réclamées par les déposants, dans l'enquête houillère, et approuvées par la commission.

Enquête écrite.

Consistance de l'enquête écrite.

Questions n°s 1 à 22.

Note sur le rapport de la commission nommée par le Parlement anglais pour faire une enquête sur les causes de la hausse du charbon.

— Ce sommaire permet de voir quelles sont les parties du document parlementaire à l'emprunt desquelles il a fallu se borner. Mais, en outre, la Commission des *Annales* croit devoir consigner expressément ici toutes ses réserves à l'égard de plusieurs opinions et appréciations de faits, qui lui paraissent très-contestables.

ments, pour les dernières années, et ce travail, joint aux dépositions très-nombreuses de l'enquête écrite, a permis de dresser un tableau exact des diverses phases de la crise houillère.

Pour mettre les résultats de ce travail en évidence, il vaut mieux faire abstraction de la valeur absolue du charbon, pour ne se préoccuper que des variations de cette valeur relativement à un point de départ convenablement choisi; c'est le seul moyen d'obtenir des chiffres comparables. Il faut donc adopter, pour chaque variété de houille que l'on considère, un certain taux initial et, lui attribuant, quel qu'en soit le chiffre, une valeur de 100, estimer, par une simple proportion, le rapport qui existe entre ce prix initial et les prix obtenus aux diverses phases de la crise.

Or on peut remarquer tout d'abord que les prix de 1869 sont sensiblement égaux à ceux de 1870 (en négligeant, pour la France, le deuxième semestre de 1870, pendant lequel a sévi la guerre). La moyenne des prix, en 1869 et 1870, représente donc une excellente base pour l'évaluation de la hausse ultérieure.

Si, adoptant cette base, on étudie, pour chacun des grands bassins producteurs qui alimentent le marché européen, la marche du prix des charbons sur le carreau de la mine, on constate de suite que c'est en Angleterre que la hausse a pris naissance. Ainsi,— la valeur moyenne du charbon de Newcastle pour vapeur, pendant les années 1869 et 1870, étant prise pour point de départ et considérée comme égale à 100, — dès le commencement de juillet de 1871, le prix s'élève, pour atteindre 120 pendant le quatrième trimestre de la même année. Le début du premier trimestre de 1872 donne le chiffre de 133 ; puis on arrive à 186 au 1er juillet et, dès le mois d'octobre 1872, le prix de la houille atteint son maximum, qui est 256, c'est-à-dire plus de deux fois et demie le chiffre de 1870. Pendant toute l'année 1873, le prix se maintient entre 256 et 230, et ce n'est qu'à la fin de 1873 qu'il s'abaisse à 210, demeurant ainsi, à ce moment, double de ce qu'il était avant la crise.

En Belgique, dans le bassin de Charleroi, la hausse commence six mois plus tard qu'en Angleterre, c'est-à-dire en janvier 1872. Ainsi le tout-venant demi-gras, parti de 100, se maintient à 105 pendant le premier trimestre, arrive à 118 à la fin du second, puis atteint 150, pour arriver à son maximum 220 en janvier 1873. Mais bientôt il baisse assez rapidement, la fin de 1873 le ramène aux environs de 180 et le début de l'année 1874 voit cette baisse s'accentuer encore davantage. Ainsi, retard de six mois relativement à l'Angleterre, maximum moins élevé qu'à Newcastle, prix final moins considérable, bien qu'assez voisin du double du prix

initial, tels sont les faits qui caractérisent la crise pour la houille belge.

Quant au bassin de Saarbrück, dont les produits alimentent l'industrie de la Lorraine et d'une bonne partie de la Champagne, la hausse y a été en quelque sorte continue et régulière, depuis le milieu de 1871 jusqu'à la fin de 1873, où le prix des houilles de Louisenthal, première sorte, en particulier, était devenu à peu pres le double de ce qu'il était avant la hausse.

Si maintenant nous passons à la France, laissant de côté le bassin du Nord, trop intimement lié au bassin belge pour ne pas participer à tous ses mouvements, et prenant le bassin de Saint-Étienne, nous voyons la crise commencer seulement avec le second trimestre de 1872, c'est-à-dire trois mois après le début de la crise belge et neuf mois après celui de la crise anglaise.

Les grelassons lavés, par exemple, s'élèvent successivement jusqu'à 168, prix maximum qu'ils atteignent en octobre 1873, et à partir duquel ils restent stationnaires; il faut seulement remarquer que, dès le début de 1870, les charbons de Saint-Étienne avaient subi une hausse de 10 p. 100 relativement au prix de 1869. Par suite, pour apprécier sainement l'amplitude de la crise, dont cette hausse de 1870 est tout à fait indépendante, il convient de réduire un peu les chiffres qui viennent d'être indiqués. Le maximum n'est plus alors que de 151 au lieu de 168, c'est-à-dire qu'au plus fort moment de la crise, le prix des grelassons à Saint-Étienne ne s'est élevé que de 50 p. 100 environ au-dessus du prix de 1870.

On obtient des résultats à peu près identiques, quoique un peu plus élevés, pour le bassin de Saône-et-Loire et celui de l'Aveyron.

Dans le Gard, la hausse du charbon se produit en même temps qu'à Saint-Étienne; les menus de fabrique, par exemple, montent graduellement jusqu'à 140, prix qu'ils atteignent au début de 1873 et qu'ils ont jusqu'ici conservé.

Par conséquent et sans qu'il soit nécessaire de passer en revue les divers petits bassins du centre de la France, qui tous ont subi les mêmes influences que les autres, on voit que la crise en France est, d'une part, en retard sensible sur celle de l'Angleterre et de la Belgique et, d'autre part, beaucoup moins intense que dans ces deux contrées. De plus, tandis que le maximum est atteint brusquement, en Angleterre au mois d'octobre 1872, en Belgique au mois de janvier 1873, et qu'à partir de ces deux dates les prix décroissent constamment, en France l'ascension persiste, lente mais continue, jusqu'en octobre 1873, où elle atteint seulement son apogée.

Enfin la valeur du maximum est plus faible, dans le Gard, qu'à Saint-Étienne. On vérifierait aisément qu'elle est moindre à Saint-Étienne qu'à Blanzy, en un mot, que l'intensité de la crise, dans les bassins de production française, a varié en raison inverse de la distance aux bassins anglais et belges.

On peut aussi remarquer que la hausse a très-inégalement affecté les diverses qualités de charbon ; elle a surtout porté, comme il était naturel de s'y attendre, sur les variétés les plus employées ; et, de même que la loi économique du nivellement des prix se fait clairement sentir dans la manière dont la crise en France a suivi celle des pays étrangers, de même la loi de l'offre et de la demande accentue non moins nettement son action, en graduant l'intensité de la hausse d'après l'étendue du marché propre à chaque variété.

Variations de prix du coke. — Nous allons voir maintenant cette influence de l'offre et de la demande se traduire d'une façon encore plus explicite, si nous examinons les fluctuations du marché du coke. Il ne faut pas oublier, en effet, qu'une notable partie de la houille extraite est consommée à l'état de coke, et il importe d'autant plus de connaître les variations de prix de ce combustible, que l'industrie du fer, dont le coke est un aliment essentiel, est en même temps le grand régulateur du marché des charbons. Chaque tonne de fonte produite par les hauts fourneaux exige de 1.000 à 1.400 kilogrammes de coke, quantités qui correspondent respectivement à 1.400 et 2.000 kilogrammes de houille ; et ultérieurement la transformation d'une tonne de fonte en fer ou en acier réclame environ 4 ou 5 tonnes de houille. Si nous ajoutons qu'en France, la métallurgie du fer absorbe, à elle seule, plus du quart de la consommation totale du pays en houille, et qu'en Angleterre, elle consomme le tiers de l'extraction totale de la contrée, — on comprendra aisément à quel point la marche de cette industrie doit influer sur le cours des charbons.

Cela posé, nous voyons qu'en Angleterre, la hausse du coke a commencé juste en même temps que celle du charbon, mais qu'elle a été plus rapide et plus intense, de telle sorte que le coke, parti de 100, atteignait son maximum 335 dès le deuxième trimestre de 1872, tandis que le maximum du charbon de Newcastle, sensiblement plus faible (256), n'était atteint que trois mois plus tard. Tandis que le prix du charbon s'abaissait à 210 à la fin de 1873, celui du coke était encore de 235 à la même époque (Voir le tableau A, — p. 259).

Les mêmes circonstances s'observent en Belgique, où le coke monte jusqu'à 282, en janvier 1873, et conserve, à la fin de la

même année, une valeur de 187, supérieure, toutes proportions gardées, à celle du charbon.

Le rapport de l'ingénieur en chef du Hainaut constate, d'ailleurs, qu'en 1872, c'est surtout sur les charbons gras, propres à la fabrication du coke, que l'augmentation de production a été le plus sensible.

Enfin, à Saint-Étienne, le coke destiné aux hauts fourneaux commence à hausser dès le deuxième semestre de 1872 et atteint, à la fin de 1873, le taux de 187, tandis que le charbon s'arrêtait à 161 et que le coke de choix, d'un usage beaucoup plus restreint, destiné aux fonderies, n'atteignait que 157.

En résumé, dans tous les bassins, c'est la hausse du coke qui caractérise la crise et la houille ne fait que suivre, en restant constamment en dessous, le mouvement provoqué par le combustible carbonisé. Ce résultat, d'une importance considérable et qui risquait de passer inaperçu, si la commission s'était bornée à l'enquête écrite (où le nom du coke n'avait pas été prononcé), ce résultat, disons-nous, pourrait, à la rigueur, dispenser d'aller plus loin dans l'examen des faits relatifs à la crise houillère. Mais, pour que la démonstration qui viendra ultérieurement en sa place ait plus de force, abstenons-nous encore de tirer des conséquences des faits qui viennent d'être signalés et poursuivons l'examen statistique de tout ce qui peut se rattacher directement à la crise.

Lorsqu'une hausse se produit sur un objet de commerce, c'est qu'évidemment la demande est devenue supérieure à l'offre. Ce changement résulte-t-il d'une diminution dans la production ou d'une augmentation dans la consommation? Telle est la question qu'il faut, avant tout, résoudre.

Variations de la production houillère pendant la crise. — La crise ayant commencé en Angleterre et s'y étant fait sentir plus fortement que partout ailleurs, c'est dans ce pays surtout qu'il convient d'étudier les faits relatifs à la production du charbon. A cet égard, la tâche de la commission d'enquête est singulièrement facile ; il suffit, en effet, de consulter le rapport de la commission nommée par le Parlement anglais pour étudier les causes de la hausse du charbon. Il ressort de ce document que la production, en Angleterre, loin de décroître, n'a cessé de suivre une marche ascendante. Elle a été de 107 millions de tonnes en 1869, de 110 millions en 1870, de 117 millions en 1871 et de 123 millions en 1872, c'est-à-dire que l'augmentation moyenne de la production s'est maintenue, chaque année, entre 3 et 6 p. 100 du chiffre de l'année précédente.

Cependant les différents districts houillers ont subi tour à tour l'influence des grèves ; mais, si l'on réfléchit que ces grèves ne se sont pas étendues partout et que, dans chaque district, elles ont rarement duré plus d'une semaine, il paraîtra raisonnable d'admettre qu'elles ont tout au plus amené une diminution de 1 à 2 p. 100 dans l'extraction possible, diminution tout à fait insuffisante pour expliquer l'énorme hausse du charbon. D'ailleurs, il est important de noter que la hausse du prix du combustible en Angleterre a précédé le mouvement gréviste. Si donc ce mouvement a pu exagérer les effets de la hausse, bien loin de l'avoir causée, il lui doit, au contraire, sa première origine, les domandes des ouvriers ayant été déterminées par les nouveaux prix du charbon.

Aussi, bien que par suite des grèves plusieurs exploitants anglais se soient trouvés dans l'impossibilité d'exécuter les marchés qu'ils avaient consentis sur le continent et aient été conduits à venir acheter dans ce but du charbon dans le Nord et le Pas-de-Calais, on peut dire que ce sont là des faits isolés, des embarras particuliers, dont il ne faut pas exagérer l'importance ; et il reste acquis que la production des houillères anglaises a suivi, à peu de chose près, en 1871 et 1872, la progression normale des années précédentes.

Toutefois l'augmentation des salaires, d'une part, et, d'autre part, la diminution bien constatée dans le travail utile de chaque ouvrier mineur, considéré indépendamment des machines qui en accroissent la valeur, sont deux faits qu'il importe de ne pas perdre de vue. S'ils n'expliquent pas la crise, du moins ils annoncent, pour l'industrie charbonnière, une situation nouvelle, qu'on peut considérer comme définitivement acquise et qui empêchera peut-être les prix du charbon de revenir aux taux où ils étaient avant la hausse.

Si la marche de l'extraction, en Angleterre, n'a subi aucune perturbation bien grave, en a-t-il été de même dans les autres pays? La Belgique, elle aussi, a eu à souffrir des grèves; mais l'exploitation n'en a pas moins été extrêmement active.

Elle a passé de 13.733.000 tonnes, en 1871, à 15.659.000 tonnes en 1872, soit une augmentation de 14 p. 100 en une seule année.

Quant à la France, les résultats fournis par les statistiques officielles ont, à cet égard, une signification que nul ne peut méconnaître. Ainsi, l'extraction annuelle, qui était de 13.200.000 tonnes en 1869, a été, en 1871, de 13.400.000 tonnes et a atteint, en 1872, 15.900.000 tonnes. On voit donc que la production totale de la France, qui, depuis 1860, avait augmenté en moyenne de 6,5

p. 100 par an, s'est accrue, entre 1871 et 1872, de 18 p. 100, c'est-à-dire de près du triple de la proportion antérieure.

Dans cette augmentation extraordinaire, la plus grande part revient aux bassins du Nord et du Pas-de-Calais, qui, de 4.310.000 tonnes produites en 1870 (le chiffre était le même en 1869), se sont élevés à 4.900.000 tonnes en 1871 et à 6 millions de tonnes en 1872; en sorte que l'augmentation d'une année à l'autre a été de 14 p. 100 en 1871 et de 22 p. 100 en 1872; l'augmentation de 1871 à 1872 a été de 11 p. 100, dans le bassin de la Loire, et de 9 p. 100 dans celui du Gard.

Elle a considérablement dépassé cette proportion dans certains petits bassins, tels que celui des lignites des Bouches-du-Rhône, où l'extraction a presque doublé, et le bassin de Saint-Éloi, dans le Puy-de-Dôme, qui a progressé de 32 p. 100 en un an.

En résumé, tandis que l'extraction, en Angleterre, se maintenait à son niveau habituel, la production en France, pendant la même période, s'élevait dans des proportions jusqu'alors inconnues; en 1870, malgré la guerre, elle était à peine inférieure à celle de l'année précédente; même l'année 1871, en dépit des désastres qui en ont marqué le début, dépassait, dans son ensemble, les résultats de 1869.

Variations de la consommation. — Il suit de là qu'il est impossible de chercher l'origine de la crise dans une diminution de la production houillère. C'est donc sur les circonstances de la consommation qu'il importe de faire porter l'examen.

La guerre franco-allemande ayant apporté un très-grand trouble dans les relations industrielles de la France, quelques personnes ont pensé que la crise houillère avait été déterminée par la diminution du stock de charbon, survenue en France pendant la guerre, et par la nécessité de reconstituer à bref délai les approvisionnements épuisés. Il est incontestable que, dans Paris assiégé, il y a eu épuisement complet du combustible accumulé avant le siége; de même, certaines régions, séparées par l'invasion des bassins producteurs chez lesquels elles s'alimentaient, ont dû vivre uniquement sur leurs réserves antérieures. Mais, d'une part, cette diminution du stock disponible a été contre-balancée, dans l'ensemble, par une diminution indéniable de la production industrielle pendant la période de guerre. D'autre part, il est de notoriété publique que, durant la même période, les bassins producteurs voyaient s'accumuler, sur les carreaux des mines, des stocks comparables en importance à ceux qui disparaissaient dans les centres de consommation.

Il ne faut pas oublier, d'ailleurs, que le stock de charbon, dans les usines, dépasse rarement le douzième de la consommation d'une année, attendu que la houille est une marchandise encombrante et altérable, dont on ne garde que la quantité nécessaire pour être à l'abri d'une interruption momentanée des voies de communication. Enfin, puisque le chiffre de l'extraction houillère, en 1870 et 1871, s'est maintenu à son niveau antérieur, tandis que, pendant la même période, la production industrielle du pays avait été gravement affectée, il est permis d'en conclure que, dans l'ensemble, il n'a pas pu se produire de diminution bien sensible du stock existant.

Une raison plus sérieuse encore se tire de l'examen des régions où la crise a sévi. En effet, c'est sur les charbons anglais et sur ceux du Nord que la hausse a surtout porté. Or le bassin du Nord n'a pas eu à souffrir les misères de l'invasion et les charbons anglais n'ont pas cessé un instant d'arriver, sans encombre, au port de notre littoral.

Tous ces motifs, qui suffiraient largement pour réduire à sa juste valeur l'argument tiré de la diminution des stocks, pâlissent encore devant l'exposé des dates relatives au développement de la crise houillère. En effet, si l'épuisement des stocks était la cause de cette perturbation, c'est en France, d'abord et immédiatement à la suite du rétablissement des communications, c'est-à-dire en 1871, que la crise aurait dû se développer. Au lieu de cela, nous la voyons naître en Angleterre, dans un pays qui n'avait en rien souffert de la guerre, et la France ne commence à en ressentir le contre-coup qu'en 1872, c'est-à-dire plus d'un an après la reconstitution des stocks soi-disant épuisés. Il n'y a donc pas lieu de s'arrêter davantage à cette considération et les faits relatifs à l'épuisement des réserves charbonnières doivent être regardés comme des accidents tout à fait locaux, qui ont pu, dans certains cas, exagérer les effets de la crise, mais qui ne l'ont en rien provoquée.

Importations étrangères. — On a fait valoir également, pour expliquer la crise, la diminution des importations étrangères. Ces importations, avant la guerre, atteignaient, en 1869, le chiffre de 8.284.000 tonnes, dont 1.659.000 fournies par le bassin de Saarbrück. La consommation de l'Alsace-Lorraine en houilles de Saarbrück et de Belgique s'élevant à environ 1.500.000 tonnes, il convient de réduire à 6.784.000 le chiffre des importations pour l'étendue actuelle du territoire français. Or les documents de l'administration des douanes donnent, pour les importations de houille

en France (le coke étant remplacé par la quantité correspondante de houille crue), les chiffres suivants :

1870.	5.697.000 tonnes.
1871.	5.664.000 —
1872.	7.346.000 —
1873.	7.675.000 —

Ainsi, dans les deux années de la crise, 1872 et 1873, le chiffre des importations a été supérieur au chiffre de 1869, et il y a eu déficit seulement en 1870 et 1871 ; ce déficit atteint, pour les deux années ensemble, relativement à 1869, le chiffre de 1.500.000 tonnes.

Il est intéressant de se rendre compte des effets que pouvait produire un pareil déficit. Or les documents publiés par le comité des maîtres de forges de France permettent d'évaluer la diminution de la production du fer et de la fonte en France, depuis le mois de juillet 1870 jusqu'à la fin de 1871, à environ 800.000 tonnes, correspondant à une consommation de houille de plus de 2 millions de tonnes. Ainsi la diminution survenue, par le fait de la guerre, dans l'activité de l'industrie métallurgique, suffit et au delà pour compenser entièrement le déficit des importations étrangères, et, comme il est évident que l'industrie métallurgique n'a pas été seule affectée par les événements de 1870-1871 et qu'une perturbation non moins grave a sévi sur toutes les autres industries qui consomment la houille, il devient manifeste que, si la France n'avait pas subi l'influence des marchés étrangers, elle n'aurait trouvé par elle-même aucun motif à la rareté ni à la hausse du charbon.

Exportation.—Pour épuiser cet ordre de considérations, il convient de dire un mot d'une opinion qui a cours dans le sud-est de la France et d'après laquelle une part, tout au moins, dans la hausse du charbon, doit être attribuée à l'augmentation de l'exportation des houilles françaises vers l'Italie. Il est très-vrai que, depuis l'ouverture du souterrain du mont Cenis, la quantité de houille exportée de France en Italie a passé de 95.000 tonnes, en 1869, à 156.000 tonnes en 1872 et 276.000 tonnes en 1873. Mais ce chiffre est si peu considérable, relativement au total de l'extraction des bassins de la Loire, du Gard et des Bouches-du-Rhône, qu'il est impossible d'attribuer à l'exportation italienne une influence sérieuse sur l'élévation du cours des charbons.

Influence de l'industrie métallurgique.—En somme, l'origine de la crise houillère n'a aucun rapport direct avec la guerre franco-allemande et, comme on vient d'établir qu'elle ne pouvait pas ré-

sulter d'une insuffisance dans la production ou dans les importations, il est évident que c'est dans les circonstances normales de la consommation industrielle qu'on en doit chercher l'explication. Là encore le rapport de la commission anglaise va nous fournir les documents les plus précieux. Il établit, en effet, que, pendant la période de la crise, toutes les branches de l'industrie ont joui, en Angleterre, d'une prospérité jusque-là sans exemple. Mais il en est une, entre autres, dont le développement a atteint tout d'un coup des proportions inouïes, c'est l'industrie du fer et de la fonte. De 28.300.000 tonnes de houille qu'elle consommait en 1867, elle s'est élevée à 38.500.000 tonnes en 1871 et 38.200.000 tonnes en 1872, ce qui constitue, relativement à 1867, une augmentation de 36 p. 100 en 1871 et de 35 p. 100 en 1872. Ainsi la consommation de la houille destinée aux usages métallurgiques, et employée tant à l'état cru qu'à l'état de coke, s'est accrue de plus d'un tiers.

Or cette consommation de 38 millions de tonnes représente 31 p. 100 de la production totale du pays et près de 35 p. 100 de sa consommation (l'exportation en 1872 s'étant élevée à 12 millions de tonnes). Le rapport de la consommation métallurgique à la production n'était, en 1867, que de 27 p. 100. Est-il besoin d'insister sur les conséquences d'une pareille augmentation se produisant en quelque sorte subitement? Ces conséquences sont évidentes d'elles-mêmes et la hausse du charbon se trouve amplement expliquée. Quand le prix de la tonne de fonte passait, en une année, de 62f,50 à 150 francs, il était tout naturel que le coke, dont le prix entrait primitivement pour 18 francs dans le prix total du produit fabriqué, s'élevât de 15 francs en 1871 à 51 francs en 1872. Même à ce taux, il restait encore au fabricant une marge de bénéfice très-suffisante. Il n'est donc pas étonnant que le coke et, avec lui, la houille aient subi le mouvement de hausse si prononcé que nous avons antérieurement analysé. Et cela est si vrai que la baisse notable survenue sur le prix des charbons, à la fin de 1873, a coïncidé avec une diminution sensible de la production métallurgique en Europe.

Il reste à établir à quelle cause est dû ce développement exceptionnel de l'industrie métallurgique. Les statistiques anglaises vont encore répondre à cette question. Les exportations de fonte, qui étaient en 1867 de 567.000 tonnes, représentant 12 p. 100 de la production, se sont élevées, en 1871, à 1.057.000 tonnes et, en 1872, à 1.333.000 tonnes, soit respectivement 16 p. 100 et 20 p. 100 de la production. Pour ce qui concerne le fer laminé, de 1.317.000

tonnes (soit 31 p. 100 de la production) exportées en 1867, l'Angleterre a passé, en 1871, à 2.112.000 tonnes (57,75 p. 100 de la production) et, en 1872, à 2.055,000 tonnes (38 p. 100 de la production). Ainsi c'est à l'essor considérable pris pour les exportations qu'il faut attribuer le redoublement d'activité de l'industrie du fer en Angleterre. Quant à la destination de ces exportations, il est facile de s'assurer que l'Amérique en a été le principal débouché.

Il résulte, en effet, des chiffres publiés par le *Bulletin du comité des maîtres de forges*, que la consommation totale du fer aux États-Unis a été, en 1872, de 4.311.500 tonnes, dont 1.602.000 tonnes seulement ont été produites dans le pays. L'excédant, soit 2.700.000 tonnes, a dû être demandé par les États-Unis à la production européenne et spécialement à celle de l'Angleterre. Si l'on cherche le motif de ces besoins extraordinaires éprouvés par les États-Unis, les documents publiés par le même Bulletin établissent qu'en 1872, 2.500.000 tonnes de fer et de fonte ont été consommés par l'industrie des chemins de fer, et l'on sait, d'autre part, que le nombre de kilomètres de voies ferrées construit par les États-Unis, dans cette seule année, s'est élevé à 12.000.

Tel est donc le véritable motif de la hausse du charbon. Les États-Unis, avec l'activité extraordinaire qui les caractérise, veulent créer, en une année, un grand nombre de lignes de chemins de fer. Impuissants à fournir eux-mêmes les matières premières nécessaires, malgré l'accroissement gigantesque de leur production sidérurgique, ils viennent demander à l'Europe, à tout prix, la fonte et le fer dont ils ont besoin. Le prix de ces deux métaux s'élève; le coke et la houille suivent le mouvement et, comme tous les marchés industriels de l'Europe sont solidaires, la hausse commencée en Angleterre s'étend rapidement sur la Belgique, l'Allemagne et la France. Du reste, si la prépondérance de la production industrielle en Angleterre suffisait pour entraîner dans sa marche les autres marchés du continent, il ne manquait pas de raisons spéciales pour que la hausse se produisît sur chacun d'eux en particulier. L'Allemagne, surexcitée par sa nouvelle prospérité financière, voyait toutes les entreprises industrielles se développer sur son sol avec une véritable fièvre.

Ses importations de fer et de fonte en 1872 étaient quintuples de celles de 1869. En Belgique, les exportations sidérurgiques s'élevaient de 189.000 tonnes, en 1869, à 233.000 tonnes, en 1871, et 254.000 tonnes en 1872. En France, toutes les branches de l'industrie, arrêtées un moment par l'invasion, reprenaient un nouvel

essor pour satisfaire aux demandes considérables venues de l'intérieur, et de l'étranger. Pour nous borner à ce qui concerne l'industrie du fer, on peut constater qu'en 1872, la production de la fonte, en France, a regagné le chiffre maximum qu'elle avait atteint en 1869, que la production du fer a dépassé de 1 p. 100 le chiffre le plus élevé de 1869 et que la fabrication de l'acier a été portée de 52.000 tonnes à 138.000, soit 165 p. 100 d'augmentation. Si l'on calcule la quantité de houille qui a dû être consommée, dans cette même année 1872, par l'industrie du fer, en tenant compte de la proportion nécessaire à la fabrication du coke métallurgique, on trouve qu'elle a dû dépasser 6 millions de tonnes, c'est-à-dire 38 p. 100 de la production totale du pays.

L'exportation a joué un rôle manifeste dans ce mouvement. En effet, tandis que la quantité de fer, fonte et acier, exportée par la France, était en 1868 de 180.000 tonnes et, en 1869, de 233.000, elle s'est élevée, en 1872, à 273.000 tonnes. Les demandes des États-Unis entrent pour une part notable dans ce résultat, comme on peut le constater par l'exemple suivant : le bassin de la Loire, qui, pendant les quatre premiers mois de 1870, avait fait avec les États-Unis pour 27.000 francs d'affaires, a atteint le chiffre de 899.000 francs, pendant la même période de 1872, pour s'élever à 1.443.000 dans les quatre premiers mois de 1873.

Influence de l'industrie sucrière. — Voilà donc l'influence de la métallurgie bien constatée en France : mais ce n'est pas tout et il y a bien d'autres industries dont il faut faire la part dans cette demande extraordinaire de charbon qui s'est produite en 1872 et 1873. C'est ainsi que la fabrication du sucre de betterave a atteint, dans chacune de ces deux années, le chiffre de 400.000 tonnes de sucre brut, correspondant à une consommation de 1.400.000 tonnes de houille.

Et, si l'on songe que l'industrie du sucre indigène est presque exclusivement concentrée dans le nord de la France, que, par conséquent, ses demandes ont pesé exclusivement sur la production de la Belgique et sur celle du Nord et du Pas-de-Calais, on comprendra l'influence que pouvait exercer cette demande, coïncidant avec celle de la métallurgie et se produisant en très-peu de temps, puisque la campagne des fabricants de sucre doit être terminée en trois ou quatre mois. Est-il besoin de parler du développement toujours croissant de la navigation à vapeur, dont la consommation de charbon, en France, s'est élevée de 50.000 tonnes, en 1859, à 116.000 tonnes, en 1871, des progrès de l'éclairage au gaz et du chauffage domestique à la houille?

Résumé.—Il demeure ainsi bien constaté que la hausse du charbon, provoquée par les demandes exceptionnelles de la métallurgie, surtout en vue du commerce d'exportation, a été entretenue par les besoins, plus grands que jamais à ce moment, des diverses industries, tant en Angleterre que sur le continent.

Maintenant il est évident que cette hausse a été exagérée par deux phénomènes inséparables de tout mouvement industriel, la panique des consommateurs, d'une part, la spéculation des détenteurs, d'autre part. Ainsi les fabricants de sucre, pour qui tout arrêt de la fabrication pouvait entraîner des pertes irréparables, ont voulu s'assurer à tout prix de leur approvisionnement pour 1873. Ils ont ainsi dépassé la mesure, non-seulement à l'égard des prix, mais encore relativement aux quantités demandées. Plusieurs d'entre eux, ayant calculé leur approvisionnement en vue d'une livraison de betteraves plus considérable que celle qui s'est effectivement réalisée pendant la campagne de 1873-1874, après avoir craint de manquer de charbon, ont fini par en avoir trop, et l'on cite quelques fabricants de sucre du Nord qui étaient obligés, au commencement de cette année, de conserver dans leurs magasins un excédant de houille égal à environ un neuvième de leur consommation annuelle.

D'autre part, les compagnies houillères, engagées pour les deux tiers de leur production par des marchés conclus avant la crise, ont dû chercher à se dédommager, en exagérant les prix des nouveaux marchés. Enfin les négociants en charbons ont certainement profité, dans une large mesure, des avantages que leur donnait la possession d'une matière devenue tout d'un coup plus précieuse.

Tel est l'ensemble des faits recueillis, vérifiés et constatés par la commission sur l'origine, les causes et l'intensité de la crise houillère de 1871-1874.

Nous aurons à les rappeler, à les résumer à l'appui des conclusions de ce rapport. Mais ce résumé ne saurait comprendre les variations de prix qui sont l'élément indispensable pour apprécier la crise; nous les retenons, pour les reproduire immédiatement sous forme de deux tableaux numériques et d'un tableau graphique, faisant connaître les variations que le cours des combustibles minéraux a subies sur les lieux de production pendant la durée de la crise houillère.

Les éléments de ce travail ont éte puisés dans diverses publications périodiques spéciales, telles que le *Bulletin de la Société de l'industrie minérale* de Saint-Étienne, le journal *la Houille*, le journal *le Charbon*, etc.

Tableaux des variations de prix des combustibles. — Le premier tableau numérique indique le prix moyen des combustibles, pour chaque trimestre, depuis le 1er juillet 1871 jusqu'au 1er janvier 1874. Il eût été difficile et, d'ailleurs, sans grand intérêt d'obtenir des chiffres parfaitement exacts pour toutes les variétés de charbon qui se consomment en France; on s'est donc borné à l'étude d'un certain nombre de types choisis comme termes de comparaison. Ce sont :

1° En Angleterre, le charbon de Newcastle pour vapeur, le cours de cette variété, objet d'une exportation active, pouvant bien servir à caractériser le prix de la houille; ensuite le coke métallurgique, dont les cours ont été reproduits d'après les chiffres de l'enquête parlementaire anglaise;

2° En Belgique, les charbons de Charleroi et spécialement le

TABLEAU A

Faisant connaître les cours des charbons et des cokes de diverses provenances entre 1871 *et* 1874 *sur les lieux de production.*

ORIGINE et désignation.	1871		1872				1873				1874
	1er juillet.	1er octobre.	1er janvier.	1er avril.	1er juillet.	1er octobre.	1er janvier.	1er avril.	1er juillet.	1er octobre.	1er janvier.
Angleterre.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
arbon de Newcastle pour vapeur.	12,05	14,00	16,00	19,25	22,50	31,25	31,25	31,25	29,00	26,25	26,00
ke métallurgique.	15,00	16,00	25,00	31,25	40,60	50,00	47,00	47,00	»	»	35,00
Belgique.											
ut-venant demi-gras de Charleroi.	15,00	14,00	14,00	15,00	17,00	21,00	32,00	29,00	29,00	27,00	20,00
es demi-gras de Charleroi. . .	9,00	9,00	10,50	11,25	12,00	17,50	21,00	21,00	21,00	20,00	14,00
ke métallurgique de Charleroi.	23,00	23,00	23,00	23,80	30,00	50,00	65,00	»	»	43,00	43,00
Saarbrück.											
uisenthal, 1re sorte.	15,00	16,00	16,75	17,00	19,00	23,50	24,00	25,50	27,00	28,50	29,50
Saint-Étienne.											
lassons, 1er choix.	20,50	20,50	20,50	20,50	22,50	27,00	29,00	29,00	30,00	31,00	30,00
au de chauffage, 1re qualité. . .	14,55	14.50	14,50	14,50	15,50	17,50	18,50	19,00	19,50	19.50	21,00
brouck de Rive-de-Gier. . . .	18,00	18,00	18,00	18,00	19,50	21,00	23,50	25,50	29,50	31,50	30,50
ke métallurgique.	23,50	23,50	23,50	23.50	25,00	29,00	32,00	36,00	42,50	44,00	43,50
ke lavé pour fonderies.	32,50	32,50	32,50	32,50	36,50	43,50	48,00	50,00	52,50	52,50	53,50
Gard.											
aus de fabrique.	11,50	12,50	13,50	14,00	14,50	15,50	16,00	16,00	16.00	16,00	16,00

tout-venant demi-gras, les fines braisettes de même qualité et le coke métallurgique;

3° Dans le bassin de Saarbrück, la variété dite Louisenthal, première sorte;

4° Dans le bassin de Saint-Étienne, les grelassons de premier choix, le menu de chauffage de première qualité, le malbrouck ou tout-venant de Rive-de-Gier, le coke métallurgique pour hauts fourneaux, enfin le coke lavé à l'usage des fonderies;

5° Dans le bassin du Gard, les menus gras dits menus de fabrique.

Il a paru inutile de s'occuper du prix des charbons dans le Nord et le Pas-de-Calais, ces deux bassins étant assez intimement liés aux bassins belges pour en suivre tous les mouvements.

Les prix relatifs à la tonne de 1.000 kilogrammes sur le carreau de la mine sont indiqués pour chaque trimestre et les chiffres qui représentent le prix maximum de chacune des variétés ont été mis en évidence par un *caractère spécial.*

Nous l'avons déjà dit, pour bien apprécier la marche et l'intensité de la crise, c'est moins l'augmentation absolue du prix des charbons qu'il faut considérer que la relation qui existe, pour une variété donnée, entre cette augmentation et un certain prix initial convenablement choisi. En effet, c'est seulement de cette manière qu'on peut rendre comparables entre eux les chiffres relatifs aux diverses variétés et aux divers bassins producteurs.

Dans ce but, on a choisi pour points de départ les prix du premier semestre de 1871, après avoir vérifié qu'ils étaient presque absolument égaux à ceux de 1869 et de 1870, ce qui signifie que, pendant la période correspondante, la balance s'était maintenue bien égale entre la production et la consommation.

Le prix moyen initial de chaque sorte de combustible a donc été, quelle que fût sa valeur absolue, considéré comme égal à 100, et les prix, aux diverses époques de la crise, ont été transformés, en conséquence, par une simple règle de trois. Par exemple, le prix de la tonne de charbon à vapeur, à Newcastle, étant de 12f,15 au 1er juillet 1871, s'est élevé à 31f,25 en octobre 1872. Le rapport de 31f,25 à 12f,15 étant celui de 256 à 100, on a inscrit ces deux derniers chiffres dans les colonnes des époques correspondantes. De même, les prix du coke, aux mêmes dates et dans les mêmes districts, soit 15 francs et 50 francs, ont été remplacés par les chiffres proportionnels 100 et 335. On voit alors de suite que le prix du coke a monté, en proportion, beaucoup plus que le prix de la houille, et que la différence, au profit du coke, a été de 335 moins 256, c'est-à-dire 79 p. 100.

De même, il devient facile de comparer entre eux les divers bassins producteurs et c'est ainsi que l'on constate que le maximum du prix du coke métallurgique, qui avait atteint 335 en Angleterre, n'a été que de 282 en Belgique et 187 dans le bassin de Saint-Étienne.

De plus, chaque maximum ayant été figuré sur le tableau par un caractère spécial, on peut apprécier au premier coup d'œil la marche de la crise d'un pays à l'autre. On voit de cette manière que le maximum du coke s'est produit en Angleterre au 1[er] juillet 1872, tandis qu'il ne s'est manifesté en Belgique qu'en janvier 1873, et à Saint-Étienne qu'en janvier 1874.

TABLEAU B

Indiquant les variations proportionnelles de prix des charbons et des cokes sur les lieux de production.

ORIGINE et désignation.	1871		1872				1873				1874
	1er juillet.	1er octobre.	1er janvier.	1er avril.	1er juillet.	1er octobre.	1er janvier.	1er avril.	1er juillet.	1er octobre.	1er janvier.
Angleterre.											
Charbon de Newcastle pour vapeur	fr. 100	fr. 110	fr. 133	fr. 158	fr. 186	fr. **256**	fr. **256**	fr. **256**	fr. 242	fr. 230	fr. 210
Coke métallurgique	100	110	167	270	**335**	320	316	316	»	»	233
Belgique.											
Tout-venant demi-gras de Charleroi	»	»	100	107	118	150	**220**	207	207	207	145
Fines demi-gras de Charleroi	»	100	110	128	132	200	**234**	**234**	**234**	**234**	156
Coke métallurgique de Charleroi	»	»	100	104	130	217	**282**	280	»	188	187
Saarbrück.											
Louisenthal, 1re sorte	100	105	110	115	120	142	160	165	175	185	**195**
Saint-Étienne.											
Grelassons, 1er choix	»	»	»	100	110	127	142	144	146	**151**	150
Menu de chauffage, 1re qualité	»	»	»	100	107	121	128	131	135	135	**145**
Malbrouck de Rive-de-Gier	»	»	»	100	108	117	130	147	161	175	170
Coke métallurgique	»	»	»	100	106	123	136	153	180	**187**	185
Coke lavé pour fonderies	»	»	»	100	100	130	145	149	**157**	**157**	**157**
Gard.											
Menus de fabrique	»	100	115	115	130	135	**150**	**150**	**150**	**150**	**150**

Nota. — Le chiffre 100 représente, pour chaque variété, le prix du 1[er] juillet 1871, inscrit dans la première colonne du précédent tableau.

Mais il existe un moyen plus facile encore de faire ces comparaisons, c'est de transformer le tableau des variations proportionnelles en un tableau graphique, où les colonnes verticales représentent les trimestres successifs, tandis que les bandes horizontales correspondent à des augmentations de 20 p. 100. C'est ce qui a été fait dans la *figure* 1 de la planche VI.

Passons brièvement en revue les résultats que ce dessin met en évidence. D'abord, dans chaque pays, la hausse du coke a précédé et notablement dépassé celle du charbon. En outre, la crise a sévi en Angleterre six mois plus tôt qu'en Belgique. Mais, dans ces deux pays, elle a affecté le même caractère, c'est-à-dire celui d'une hausse brusque et exagérée, suivie d'une chute presque aussi rapide. Au contraire, en France, la hausse, arrivée trois mois après celle de la Belgique et neuf mois plus tard que celle de l'Angleterre, a été lente et continue.

Le prix final du coke de Saint-Étienne, par exemple, presque identique en valeur relative avec celui auquel le coke de Charleroi venait s'arrêter après une brusque oscillation, a été atteint par une série non interrompue d'augmentations progressives.

Il est également facile de voir que les chiffres de 1874, pour l'Angleterre, sont supérieurs à ceux de la Belgique et de la France, et que l'augmentation finale du charbon de Saarbrück, dont l'ascension a été continue comme celle du charbon français, se rapproche de celle de la houille anglaise.

En somme, ce dessin fait ressortir de la façon la plus évidente la solidarité qui unit les uns aux autres les divers bassins producteurs de houille. Il montre la tendance au nivellement final des prix, après des variations d'autant plus tranchées qu'on se rapproche davantage de l'Angleterre, où la crise a pris naissance.

Pour ne pas introduire de confusion dans le tableau graphique, on a dû se borner à y faire figurer les principales variétés de combustible. Mais, si nous nous reportons au tableau numérique des variations proportionnelles, nous constaterons l'influence exercée sur la hausse par la loi inévitable de l'offre et de la demande. Dans le bassin de Charleroi, les fines braisettes, qui sont l'objet d'une consommation considérable, aujourd'hui qu'on a trouvé moyen de les brûler même sur les grilles des locomotives, ont leur maximum à 254, quand le tout-venant n'atteint que 230. A Saint-Étienne, le menu de chauffage monte moins haut que les grelassons, qui eux-mêmes sont dépassés par le malbrouck. Enfin le coke métallurgique destiné aux hauts-fourneaux subit une hausse bien plus marquée que le coke lavé à l'usage des fonderies.

État actuel de la production et de la consommation de la houille en France.

Concessions de combustible minéral. — D'après le résumé des travaux statistiques de l'administration des mines pour la période de 1865 à 1869, il existait, en France, au 31 décembre 1869, 623 concessions de mines de charbon de terre (houille, lignite ou anthracite), réparties dans 51 départements et embrassant une surface totale de 569.965 hectares.

Dans ce total, la Moselle figure pour 11 concessions et 21.750 hectares; le Bas-Rhin pour 5 concessions et 12.861 hectares. Défalcation faite de ces chiffres, on trouve que l'étendue du territoire actuel de la France comprenait, au 31 décembre 1869, 607 concessions de combustible minéral, couvrant 525.354 hectares.

Du 1er janvier 1870 au 1er janvier 1874, il a été accordé 8 concessions nouvelles, comprenant 5.139 hectares; de plus, des extensions de périmètre accordées à 6 concessions existantes ont accru leur superficie de 1.411 hectares; mais il y a eu, pendant la même période, 3 renonciations de concessions.

Par suite, au 1er janvier 1874, le nombre des concessions de combustible minéral en France s'élevait à 612, et leur étendue superficielle, répartie en 49 départements, était de 540.466 hectares. Quant à la nature du combustible, les concessions se divisaient comme il suit :

NATURE du combustible.	NOMBRE de concessions.		SUPERFICIE des concessions.	
	Absolu.	p. 100.	Absolue.	p. 100.
			hectares.	
Houille	319	52,20	395.560	74.00
Anthracite	146	23,80	57.263	11,00
Lignite	147	24,00	87.643	15,00
Totaux	612	100,00	540.466	100,00

Mais il s'en faut malheureusement de beaucoup que toutes ces concessions soient en activité. L'enquête faite par l'administration des mines a établi qu'en 1872, il n'y avait que 335 concessions exploitées, d'une surface totale de 371.504 hectares, dont 204 concessions de houille, 74 d'anthracite et 57 de lignite. 277 concessions, dont 118 de houille, 72 d'anthracite et 87 de lignite, couvrant ensemble 168.962 hectares, étaient inexploitées.

En d'autres termes, 45 p. 100 du nombre des concessions instituées et 43 p. 100 de la surface totale concédée se trouvaient, momentanément au moins, frappés de stérilité.

Hâtons-nous de dire que ces chiffres trouveront plus loin leur atténuation, lorsque nous en viendrons à examiner la situation des mines inexploitées. Mais, en attendant, poursuivons l'examen statistique de notre situation.

Production houillère de la France. — La mesure de l'activité de l'industrie houillère est le chiffre de son extraction annuelle. En 1872, cette extraction a atteint pour la France 158.990.053 quintaux métriques, ainsi divisés :

Houille.	144.592.735	90,94	p. 100.
Anthracite.	10.065.250	6,33	—
Lignite.	4.333.068	2,73	—
	158.990.053	100,00	—

Le tableau ci-contre, dressé à l'aide de divers documents fournis par l'administration des mines, fait connaître de quelle manière les diverses concessions se répartissent entre les départements et quelle a été l'extraction de chaque département en 1872.

Pour apprécier ce que représente la production actuelle, au point de vue du développement de la richesse houillère en France, il faut remonter en arrière et chercher ce que l'extraction était dans le passé.

En 1787, la France produisait 2 millions de quintaux métriques. En 1812, c'est-à-dire au lendemain de la loi des mines, il y avait, sur la portion du territoire français correspondant à nos limites actuelles, 261 mines de houille, produisant 8.200.000 quintaux. En 1846, 412 concessions produisaient 44.693.420 quintaux. L'extraction s'élevait, en 1859, à 74.407.400 quintaux. En 1865, elle atteignait 116 millions de quintaux. Nous avons vu qu'en 1872, elle avait été d'environ 159 millions de quintaux. Enfin, en 1873, elle a atteint 175 millions.

Ainsi la quantité de houille extraite en France, en 1873, est au produit de 1812 comme 21 est à 1 ; en nombre ronds, on peut dire que la production est aujourd'hui vingt fois ce qu'elle était il y a environ soixante ans, au moment où la loi des mines a été promulguée. De 1812 à 1846, la progression a été de 1 à 5, 4 en trente-quatre ans. Elle a été de 1 à 3,70 en vingt-huit ans, de 1846 à 1872. La comparaison des chiffres de 1859 et de 1846 fait ressortir une augmentation de 68 p. 100 en treize ans ; enfin le chiffre de

1872, comparé à celui de 1859, accuse une augmentation de 110 p. 100 également en treize ans.

En résumé, on peut dire que, depuis la création des chemins de fer, date du grand développement industriel de la France, la production de la houille dans notre pays se double en douze ans et demi, période qui, pour le dire en passant, est peu différente de celle qui correspond au doublement d'un capital placé à intérêts composés.

Cette progression paraîtra remarquable, si on la compare à celle qui caractérise l'accroissement de la production dans les pays voisins. Ainsi, en Belgique, l'extraction de 1860 à 1872 a progressé de 54 p. 100 en douze ans, ce qui exigerait vingt et un ans pour le doublement. En Angleterre, la production entre 1858 et 1872, soit en quatorze ans, a progressé de 90 p. 100, ce qui correspond à une période de doublement de quinze ans et demi. Par conséquent, le développement de l'extraction, en France, suit actuellement une marche plus rapide qu'en Angleterre et beaucoup plus rapide qu'en Belgique.

Il convient de dire de suite que la situation des trois pays n'est pas la même. Les bassins houillers de l'Angleterre et de la Belgique sont depuis longtemps connus et exploités; leur position, si favorable relativement aux voies économiques de transport, a permis, dès l'origine, de donner à l'extraction un grand développement. En France, au contraire, le riche bassin du Pas-de-Calais n'est connu que depuis une vingtaine d'années.

De 1852, date de sa découverte, à 1872, où son extraction a dépassé 27 millions de quintaux, il a dû se développer proportionnellement beaucoup plus vite que les autres et introduire par là, dans la marche de la production houillère en France, un élément d'accélération dont il importe de tenir compte. En outre, nombre de petits bassins, perdus dans le centre du pays et demeurés longtemps sans valeur faute de débouchés ou de voies de transport, ont pu être fructueusement exploités, le jour où la création de lignes ferrées ou l'établissement d'industries nouvelles ont assuré l'écoulement de leurs produits.

Statistique houillère de la France en 1872.

DÉPARTEMENTS.	CONCESSIONS exploitées.			CONCESSIONS inexploitées.	
	Nombre.	Superficie.	Production.	Nombre.	Superficie.
		hectares.	quintaux mét.		hectares.
Ain.	1	50	9.069	3	2.069
Allier.	14	8.283	10.256.630	7	4 555
Alpes (Basses-). . . .	10	3.493	221.145	11	2.544
Alpes (Hautes-). . . .	31	3.645	74.000	11	1.560
Alpes-Maritimes. . .	»	»	»	1	136
Ardèche.	5	7.352	131.839	3	1.775
Aude.	2	4.181	11.000	3	2.328
Aveyron.	24	8.176	7.089.297	19	8.351
Bouches-du-Rhône. .	7	18.117	3.572.000	13	9.553
Calvados.	1	10.006	122.200	»	»
Cantal.	1	734	15.336	4	2.285
Corrèze.	3	2.990	34.950	1	116
Côte-d'Or.	1	1.141	72.846	»	»
Creuse.	3	2.685	2.775.850	2	627
Dordogne.	2	642	5.177	1	1.564
Doubs.	»	»	»	1	405
Drôme.	1	150	13.662	2	1.286
Finistère.	»	»	»	2	735
Gard.	31	34.333	14.896.338	24	17 104
Hérault.	12	13.753	2.493.640	14	15.553
Isère.	19	2.461	888.000	22	7.929
Jura.	»	»	»	2	1.370
Landes.	»	»	»	2	514
Loire.	48	21.993	34.530.338	24	6.493
Loire (Haute-). . . .	8	3.086	1.582.159	3	1.254
Loire-Inférieure. . .	2	11.848	243.000	1	3.359
Lot.	2	1.139	16.120	»	»
Maine-et-Loire. . . .	4	5.088	525.800	5	12.141
Manche.	»	»	»	1	4.761
Mayenne.	5	6.580	870.419	6	6.458
Nièvre.	1	8.010	1.130.816	»	»
Nord.	13	50.200	32.267.070	8	11.318
Pas-de-Calais.	19	50.255	27.096.069	1	1.795
Puy-de-Dôme.	7	2.097	2.247 737	4	1.509
Pyrénées (Basses-). .	1	128	1.000	»	»
Pyrénées (Hautes-). .	1	322	14.000	»	»
Pyrénées-Orientales.	»	»	»	1	31
Rhône.	4	2.167	310.838	3	882
Saône (Haute-). . . .	4	6.506	2.210.000	5	6.081
Saône-et-Loire. . . .	10	32.824	10.370.800	14	11.370
Sarthe.	2	12.538	271.182	5	7.191
Savoie.	12	1.091	84.052	29	4.428
Savoie (Haute-). . .	2	456	52.162	10	2.691
Sèvres (Deux-). . . .	1	450	159.300	»	»
Tarn.	1	8.800	1.855.400	1	331
Var.	11	6.138	116.500	4	2.400
Vaucluse.	3	6.467	36.580	1	933
Vendée.	2	1.898	303.700	3	1.185
Vosges.	4	9.231	12.032	»	»
Totaux.	335	371.504	158.990.053	277	168.962

Il n'en est pas moins avéré que l'extraction, en France, se développe dans de bonnes conditions et cet accroissement ne semble pas devoir s'arrêter, la dernière crise, si favorable aux exploi-

tants, ayant mis entre leurs mains des ressources inattendues, dont la plupart ont profité pour activer leurs recherches et développer leurs travaux.

Examinons maintenant la part qui revient, dans le mouvement général d'accroissement, à chacun de nos principaux bassins :

Le bassin du Nord a extrait en 1872 plus de 32 millions de quintaux, dont 20 millions ont été fournis par la seule compagnie d'Anzin. L'extraction de 1872 surpasse de 19 p. 100 celle de 1871 : elle est double de celle de 1860. Ainsi le bassin de Valenciennes, seul, a doublé sa production en douze ans. En 1873, il a donné près de 35 millions de quintaux, soit 7 p. 100 de plus qu'en 1872.

Le bassin du Pas-de-Calais a produit en 1872 environ 27 millions de quintaux, soit 22 p. 100 de plus qu'en 1871. Le même chiffre est à l'extraction de 1860 comme 4,55 est à 1. La progression la plus rapide s'est fait sentir entre 1860 et 1865; dans cet intervalle de cinq ans, la production a passé de 1 à 2,35. De 1865 à 1872, soit en sept ans, l'extraction a doublé. Celle de 1873, égale à 30 millions environ, dépasse de 10 p. 100 celle de 1872.

Le bassin de Saint-Étienne, beaucoup plus anciennement connu et dont une partie, le bassin de Rive-de-Gier, est bien près d'être épuisée, ne donne pas, on le comprend aisément, des chiffres aussi élevés; sa production de 1872 dépasse de 11 à 12 p. 100 celle de 1871 et de 48 p. 100 celle de 1860.

Le bassin du Gard a donné, en 1872, 11 p. 100 de plus qu'en 1871 et 70 p. 100 de plus qu'en 1860.

Les chiffres de la Grand'Combe constatent une augmentation de 19 p. 100 en 1871 relativement à 1872.

Le bassin de Saône-et-Loire a progressé de 15 p. 100 entre 1871 et 1872 et de 21 p. 100 entre 1865 et 1872.

Mais c'est dans les bassins de moindre importance qu'on remarque les progressions les plus rapides, du moins pour ce qui se rapporte à la période de crise. Ainsi, de 1871 à 1872, l'Allier donne une progression comprise (suivant les chiffres d'extraction qu'on accepte comme définitifs), entre 30 et 38 p. 100. Le bassin à lignites des Bouches-du-Rhône donne 32 p. 100, le bassin de la Creuse, 40 p. 100.

En 1873, les progressions ont été de 25 p. 100 pour la Creuse, de 18 p. 100 pour les Bouches-du-Rhône, de 18,5 p. 100 pour l'Allier. Ainsi l'augmentation de valeur du combustible, déterminée par la crise, a suffi pour mettre ces petits bassins en mesure de développer considérablement leur extraction. Or plusieurs d'entre eux sont encore assez mal desservis par les chemins de fer; le bas-

sin de Champagnac, en particulier, dont tout le monde s'accorde à proclamer la richesse, ne peut absolument rien fournir tant que la ligne concédée de Clermont à Tulle ne sera pas en exploitation. On arrive donc à cette conclusion que, sans être, à beaucoup près, aussi favorisée que l'Angleterre et la Belgique, la France renferme encore des richesses houillères qui, défendues longtemps par leur position défavorable contre une exploitation active, ne donneront tous leurs résultat que quand le réseau des lignes ferrées secondaires aura été achevé.

Consommation de la houille en France. — Déficit de la production. — Jusqu'ici nous ne nous sommes occupés que de la production houillère de la France. Il convient maintenant de se rendre compte de sa consommation. Aussi loin que l'on puisse remonter, on trouve que la production française a toujours été sensiblement inférieure aux besoins de l'industrie nationale. Ainsi, en 1787, on estime que la France consommait 4 millions de quintaux, alors qu'elle en produisait à peine plus de 2 millions. En 1830, la production étant de 18.600.000 quintaux, la consommation était de 25 millions de quintaux. En 1860, pour 83 millions de quintaux produits, la France en consommait 143 millions. Enfin, en 1869, les chiffres correspondants à ces deux chapitres étaient respectivement de 135 millions de quintaux et de 214 millions de quintaux. En résumé, la production indigène ne parvenait jamais à fournir les *deux tiers* de la consommation totale du pays ; de 1853 à 1869, le rapport de ces deux éléments n'a jamais dépassé 63 p. 100 sans descendre au-dessous de 56 p. 100. De là un *déficit* constant, compris *entre le tiers et les deux cinquièmes* de la consommation totale, et qu'il faut combler à l'aide des importations étrangères.

Il n'est pas sans intérêt de connaître la répartition, par nature d'emploi, des combustibles minéraux consommés en France. Si l'on consulte à cet égard les tableaux publiés par l'administration des mines, pour la période quinquennale de 1865 à 1869, on trouve des chiffres très-concordants, desquels il résulte que, la consommation totale annuelle étant représentée par 100, l'industrie des mines, minières et carrières absorbe. . . . . . 3,82 p. 100

Les usines minéralurgiques, les manufactures et les usines à gaz.	74,95	—
L'industrie des transports	9,45	—
L'économie domestique	11,78	—
	100,00	—

Ainsi les chemins de fer et les bateaux à vapeur consomment moins d'un dixième, l'économie domestique à peu près un neuvième, et les trois quarts sont absorbés par les usines.

On peut constater que la métallurgie du fer exige, à elle seule, entre le tiers et la moitié de la consommation des usines, soit de 50 à 60 millions de quintaux par an. De plus, 14 millions de quintaux sont aujourd'hui nécessaires à la fabrication du sucre de betterave ; ce dernier élément tend à s'accroître chaque année. Il en est de même de la portion absorbée par l'industrie des transports. Ainsi, en 1872, la compagnie du Nord a consommé 10 p. 100 de plus qu'en 1869 et l'accroissement correspondant, pour la compagnie de l'Ouest, a dépassé 20 p. 100. Il est vrai que le malaise qui pèse aujourd'hui sur toutes les industries a momentanément arrêté cet essor : la consommation des chemins de fer, en 1874, sera très-inférieure à celle des années précédentes.

Quant à la marine à vapeur, ses besoins s'accroissent actuellement avec une grande rapidité. De 514.000 quintaux qu'elle consommait en 1869, elle a passé, en 1871, à 1.159.000 quintaux.

La consommation de la houille est très-inégalement répartie sur la surface de la France, ainsi que cela se conçoit aisément, cette consommation étant intimement liée au développement de l'industrie et à celui de la population. Le département qui consomme le plus est celui du Nord ; il a exigé, à lui seul, 34 millions de quintaux en 1869 et 40 millions en 1872, soit 17 1/2 p. 100 de la consommation totale de la France. Ensuite viennent la Seine (19 à 20 millions), la Loire (12 millions), le Pas-de-Calais (8 millions et demi), le Rhône (8 millions), enfin la Seine-Inférieure (6 millions).

Bien que notre précédent rapport ait écarté du programme de l'enquête la question de durée ou d'épuisement des houillères françaises, il n'est pas interdit de se demander si la consommation de la houille en France est destinée à suivre longtemps la même progression, c'est-à-dire à doubler dans chaque période de treize ou quatorze ans.

A une période d'activité industrielle, peut-être excessive, succède en ce moment une crise de ralentissement et de chômage, qui sévit dans le monde entier ; il y aura une reprise, mais dans quelles proportions ? Est-il vrai que l'accroissement de la production industrielle doive marcher de pair avec un développement correspondant de la production agricole, sous peine de ne pas durer longtemps ? Si la réponse est affirmative, comme la production agricole se développe beaucoup plus lentement, il faudrait tenir pour exceptionnel ce doublement de consommation en quatorze ans,

qui inquiète ceux qui se préoccupent du rapide épuisement de nos houillères.

Une autre considération doit être signalée; la complète utilisation du calorique de la houille est loin d'être atteinte.

La quantité d'eau vaporisée par un kilogramme de houille de qualité moyenne, donnant 10 p. 100 de cendres, varie, suivant les appareils, depuis 4 kilog. et même moins jusqu'à 11 kilog., limite exceptionnellement atteinte.

Le rendement moyen actuel est de 7 kilog. En fixant à 8.000 calories la chaleur dégagée par 1 kilog. de houille, on trouve que l'utilisation ne dépasse pas 57 p. 100 du calorique dégagé.

Le haut prix du combustible a poussé tous les industriels à des transformations de matériel pour atteindre ce chiffre ou le dépasser; il y aura, de ce chef, une économie de combustible capable de compenser un grand accroissement d'activité industrielle. Ajoutons qu'on tend de plus en plus à utiliser les menus de houille, soit en les agglomérant, soit en les employant directement à l'aide de foyers spéciaux.

Importations. — Nous avons dit que le déficit annuel de la production s'était maintenu, jusqu'en 1869, entre le tiers et les deux cinquièmes de la consommation.

Les importations étrangères destinées à combler ce déficit étaient, en 1855, de 35 millions de quintaux. Elles se sont élevées à 62 en 1860 et à 83 millions en 1869. Mais il convient d'en défalquer les exportations de la France vers l'étranger; ce dernier chapitre est peu important. Il se chiffrait par 2.800.000 quintaux en 1861 et par 3.800.000 en 1869. Depuis cette époque, l'ouverture du tunnel du mont Cenis et l'établissement de relations plus intimes entre le bassin du Gard et les régions de la Méditerranée ont fait grossir le chiffre des exportations, qui, en 1873, atteignaient 6.200.000 quintaux, dont 2.760.000 à destination de l'Italie. Mais il est probable qu'il se passera bien du temps encore avant que les exportations françaises puissent peser d'un poids sérieux dans la balance de la consommation.

Cela posé, la vraie mesure du déficit étant l'excès des importations sur les exportations, cherchons à préciser les variations de cet élément.

Pour permettre de les apprécier, l'administration des mines a fait dresser un tableau indiquant, pour chaque période de cinq ans, d'une part, le rapport entre ce même déficit et la consommation française, d'autre part, le rapport entre ce même déficit et la production indigène. Ce tableau nous paraît utile à reproduire ici.

ANNÉES.	RAPPORTS entre l'excès de l'importation sur l'exportation et la consommation.	RAPPORTS entre l'excès de l'importation sur l'exportation et la production.
	p. 100.	p. 100.
1815	20	26
1819	18	21
1824	25	34
1829	24	31
1834	22	29
1839	28	39
1844	31	45
1849	36	58
1854	37	59
1859	42	72
1864	35	56
1869	36	58

De la comparaison de ces chiffres se dégage un résultat très-remarquable, c'est que le déficit proportionnel, — après avoir suivi, depuis le commencement du siècle, une marche presque constamment ascendante, — a atteint son apogée vers 1859, pour décroître ensuite et retrouver, en 1869, la même valeur que vingt ans auparavant. Ainsi, la production de 1859 étant représentée par 100, celle de 1869 était devenue 175, tandis que, l'importation de 1859 étant également figurée par 100, celle de 1869 est égale à 142, chiffre notablement inférieur à 175. En d'autres termes, le mouvement industriel engendré par la révolution économique de 1860 a eu pour effet incontestable de développer notre production indigène, en diminuant un peu, du moins en valeur relative, le tribut qu'il nous fallait payer à l'étranger. Ce mouvement salutaire continue-t-il encore aujourd'hui?

On peut s'en assurer, au moins pour les années 1872 et 1873, à l'aide des chiffres publiés par l'administration des douanes. On voit, en effet, que, dans l'année 1872, l'importation totale des houilles (le coke ayant été transformé, comme toujours, en un poids équivalent de houille crue) a été de 73.460.000 quintaux, tandis que les exportations du commerce spécial atteignaient 5.120.000 quintaux. La différence, soit 68.340.000 quintaux, représente l'excès des importations sur les exportations, en 1872, c'est-à-dire le déficit de la consommation. On voit, de suite, que ce déficit est égal à 43 p. 100 de la production indigène correspondante. On verrait de même qu'il est égal à 30 p. 100 de la consommation. En 1873, le déficit a été de 7 millions de quintaux, soit 40 p. 100 de la production et 28 p. 100 de la consommation. Il est vrai que,

pour rendre ces chiffres comparables à ceux de 1869, qui étaient respectivement, comme on l'a vu tout à l'heure, 58 p. 100 et 36 p. 100, il faut tenir compte de la perte de l'Alsace-Lorraine.

Or il est facile de constater, par l'étude des documents statistiques de l'administration des mines, que l'Alsace-Lorraine absorbait, en 1867, 17 millions de quintaux sur les importations de la Belgique et du bassin de Saarbrück. Retranchant cette somme des importations de 1869 et tenant compte des exportations, il reste, pour le territoire actuel de la France, un déficit de 65 millions de quintaux, pour une production qui s'élevait, défalcation faite du bassin de la Sarre, à 132 millions de quintaux. Le rapport du déficit à la production, pour la France réduite à ses limites de 1872, était donc, en 1869, de 50 p. 100, chiffre bien supérieur, comme on voit, à ceux de 1872 et de 1873. Relativement à la consommation, réduite de la part afférente à l'Alsace-Lorraine, le même déficit, en 1869, eût été de 33 1/2 p. 100, tandis qu'en 1872, il est de 30 p. 100 et, en 1873, de 28.

Ainsi l'on est fondé à dire que la production indigène, non contente de s'accroître en valeur absolue, fait chaque jour de nouveaux efforts pour diminuer l'écart qui existe entre elle et les besoins de la consommation. Grâce aux progrès réalisés depuis 1860, le déficit annuel de la production est tombé *au-dessous du tiers* de la consommation totale et il est permis d'espérer que notre industrie ne s'en tiendra pas là. Toutefois, le déficit demeure encore bien sensible en valeur absolue et ces 66 à 70 millions de quintaux métriques représentent un tribut rigoureux que la France doit payer, chaque année, à la production étrangère.

Ajoutons cependant, comme compensation légère, que, le droit d'entrée sur les houilles étrangères étant aujourd'hui, avec l'addition des nouvelles taxes, de 1f,60 par tonne, une importation de 70 millions de quintaux fait entrer dans les caisses du trésor une somme de 11.200.000 francs.

Répartition des importations étrangères. — Les pays producteurs auxquels la France s'adresse, pour obtenir l'excédant nécessaire à la consommation, sont la Belgique, l'Angleterre et l'Allemagne. En 1869, la Belgique nous envoyait 47.354.300 quintaux, l'Angleterre 18.883.400 et l'Allemagne 16.595.000. Mais ces chiffres, diminués de la consommation de l'Alsace-Lorraine, se réduisent, pour la Belgique, à 41.683.700 quintaux et, pour l'Allemagne, à 5.346.500. En sorte que le total des importations étrangères, en 1869, pour la France réduite à ses limites de 1872, était de 65.913.600 quintaux, fournis de la manière suivante : 63 1/2 p. 100

par la Belgique, 28 1/2 pour 100 par l'Angleterre, et 8 p. 100 par l'Allemagne.

En 1872, les importations totales ont été de 73.460.000 quintaux, soit 11 p. 100 de plus qu'en 1869. La Belgique y est entrée pour 66 p. 100, l'Angleterre pour 27 p. 100, l'Allemagne pour 7 p. 100.

Enfin, en 1873, les tableaux de douanes accusent une importation de 76.750.000 quintaux, en progrès de 4 p. 100 environ sur 1872; les parts proportionnelles sont : 60 p. 100 pour la Belgique, 29,5 p. 100 pour l'Angleterre, 9,5 p. 100 pour l'Allemagne.

On voit par là que les proportions relatives, suivant lesquelles les trois pays producteurs concourent à notre alimentation, varient extrêmement peu. Toutefois, de 1872 à 1873, il y a eu augmentation au profit de l'Angleterre et au détriment de la Belgique ; de plus, les importations de l'Allemagne tendent à s'accroître et ce résultat s'accentuera sans doute de plus en plus, si les charbons du bassin de la Ruhr continuent à être partiellement employés, comme ils le sont déjà depuis deux ans, à la fabrication du gaz parisien.

Le rayon de pénétration des houilles étrangères est fort considérable. Ainsi les houilles belges arrivent actuellement dans trente-quatre départements. Le département du Nord, à lui seul, consomme le quart des importations belges. Les charbons de Saarbrück se rencontrent dans treize départements. Enfin les houilles anglaises arrivent dans quarante-cinq départements, parmi lesquels trois surtout se signalent par l'importance de leur consommation : ce sont la Seine-Inférieure, la Loire-Inférieure et la Gironde, qui absorbaient, en 1869, le premier 23 p. 100, le second 10 p. 100 et le troisième 9 1/2 p. 100, soit ensemble 42 1/2 p. 100 de la totalité des importations anglaises.

Recherche des moyens propres à assurer le développement de l'industrie houillère en France. — Concessions inexploitées.

Du moment qu'il est constaté que la France a besoin, chaque année, d'aller chercher à l'étranger à peu près le tiers de la houille nécessaire à sa consommation, il est évident que les pouvoirs publics ont le devoir d'aviser aux moyens d'augmenter la production indigène.

Ce résultat peut être obtenu de deux manières : 1° par une meilleure utilisation des richesses houillères existantes; 2° par la découverte de gisements nouveaux, s'il y en a. Nous allons examiner successivement ces deux ordres d'idées ; mais auparavant il

convient de rappeler dans quel esprit cette recherche doit être entreprise. La houille étant, comme on l'a souvent répété, le pain quotidien de l'industrie, il y a un intérêt de premier ordre à ce qu'elle soit produite abondamment et à bon marché. D'un autre côté, le prix du charbon doit être rémunérateur, sous peine de voir dépérir, au détriment de la consommation, cette grande industrie extractive, dont la prospérité est intimement liée à celle de toutes les autres branches de l'activité nationale. Enfin, les gisements houillers étant loin d'être inépuisables, en France surtout, il importe d'éviter le gaspillage d'une richesse qui ne se reproduit plus. L'État doit donc s'inspirer à la fois de ces diverses considérations, tenir une juste balance entre l'intérêt des producteurs et celui des consommateurs, et, tout en veillant avec soin à ce que les richesses concédées par lui soient exploitées au profit de tous, garder, dans son intervention auprès des concessionnaires, la mesure commandée par le respect dû à la liberté des transactions.

Ces principes étant posés, abordons l'examen des mesures propres à assurer la meilleure utilisation des recherches houillères existantes.

Une première division s'offre à nous dès le début de cette étude : d'une part, nous trouvons les concessions inexploitées, à l'égard desquelles il faut faire ressortir l'importance des chômages, leurs causes et les moyens d'y remédier ; d'autre part, nous avons à évaluer l'activité des concessions exploitées, à voir si elle est en rapport avec leur richesse probable et à nous enquérir de tout ce qui peut favoriser son développement.

Concessions inexploitées. — Commençons par l'importante question des concessions inexploitées.

Nous avons déjà dit qu'en 1872, sur 612 concessions instituées en France, 277 étaient inexploitées, représentant 45 p. 100 du nombre total des concessions instituées et 43 p. 100 de la surface totale concédée. Au premier abord, ces chiffres ont le droit de paraître effrayants. Mais, en les analysant de plus près, nous allons voir leur portée s'atténuer considérablement. Avant tout, il convient de remarquer que surface concédée ne signifie nullement surface exploitable. Lorsque l'existence d'un gîte houiller paraît suffisamment démontrée et qu'une concession est demandée à l'État, on cherche à définir son périmètre, de manière à offrir à l'exploitation future un champ d'action raisonnable, et l'on y comprend non-seulement la superficie du terrain houiller déjà reconnu, mais les portions sous lesquelles on peut supposer qu'il se prolonge.

De plus, en raison des dispositions particulières de la loi française, on ajoute toujours à ce périmètre des espaces reconnus stériles, mais dont la possession importe beaucoup au concessionnaire pour l'établissement des chemins d'accès et des ouvrages d'exploitation, puits, galeries ou magasins. Ainsi, d'une manière générale, la surface concédée est sensiblement supérieure à la superficie du terrain à combustible réellement exploitable et l'on peut citer, en beaucoup de points de la France, des concessions dont la superficie est composée, pour les trois quarts, de terrains certainement stériles. D'ailleurs, en dépit des probabilités qui avaient déterminé le consentement de l'État à la concession, il peut fort bien arriver que le gîte, une fois attaqué en profondenr, se trouve stérile, ou de mauvaise qualité, ou dérangé par des accidents de diverses natures. Alors la concession peut devenir une non-valeur entre les mains de son propriétaire et tel est, malheureusement, le cas de la plupart des 277 mines qui viennent d'être signalées comme inactives.

Du reste, le fait des concessions inexploitées n'a rien qui soit particulier à la France. Ainsi, en Belgique, dans le riche bassin de Mons et de Charleroi, il y avait, en 1872, 43 exploitations inactives sur 129, soit juste un tiers, et la surface des mines inexploitées, pour toute la Belgique, dépassait 27 p. 100 de la surface totale concédée.

L'administration des mines en France a fait dresser, pour les besoins de l'enquête parlementaire, un catalogue des concessions inexploitées en 1872, avec l'indication des causes des chômages. Ce catalogue va nous servir à établir quelques résultats importants (*).

Les 277 concessions inexploitées se répartissent de la manière suivante :

NATURE du combustible.	CONCESSIONS INEXPLOITÉES.	
	Nombre.	Superficie.
		hectares.
Houille.	118	97.832
Anthracite.	72	26.539
Lignite.	87	44.591
Totaux. . . .	277	168.962

(*) Tous ces résultats se rapportent à la fin de l'année 1872. Quelques-unes des indications données peuvent être sujettes à des modifications par suite de faits survenus en 1873 et 1874.

Ainsi 159 concessions, représentant 42 p. 100 de la surface totale inexploitée, sont relatives à des gisements d'anthracite et de lignite, et leurs surfaces réunies forment environ 71.000 hectares, tandis que les 134 mines exploitées d'anthracite et de lignite couvrent 73.000 hectares. Si maintenant on réfléchit que l'anthracite représente seulement 6,33 p. 100 et le lignite 2,73 p. 100 de la production houillère en France, on verra que, — même en supposant (ce qui est bien loin de la vérité) que les concessions inactives d'anthracite et de lignite aient une richesse égale à celle des mines exploitées de même nature, — leur mise en valeur n'accroîtrait pas la production indigène de plus d'*un onzième*.

Quant aux 118 mines de houilles inexploitées, qui, ainsi que nous le verrons, sont presque toutes dans de mauvaises conditions, leur surface forme seulement le *quart* de la surface totale des mines de houille concédées.

Après ce premier aperçu, qui réduit déjà de *moitié* la signification des chiffres exprimant la fraction improductive de nos gisements, pénétrons dans l'examen détaillé des causes des chômages.

Concessions stériles, épuisées ou inexploitables. — Parmi les concessions inexploitées, il y en a dont il faut renoncer pour toujours à tirer parti : ce sont celles qui sont actuellement reconnues stériles, ou épuisées, ou inexploitables, en raison soit de la mauvaise qualité des produits, soit de la trop grande irrégularité du gisement. Cette catégorie est malheureusement la plus nombreuse.

Elle comprend :

44	mines de houille	occupant	25.000	hectares.
20	— d'anthracite	—	12.000	—
23	— de lignite	—	12.000	—
soit, en tout, 87	concessions et	......	49,000	—

qu'il convient vraisemblablement de regarder comme à tout jamais improductifs. Ces 49.000 hectares forment déjà 29 p. 100 de la surface totale inexploitée.

Dans le nombre, figurent 3 concessions de houille du Nord (Annœulin, Château-l'Abbaye, Bruille), 14 concessions de la Loire, principalement à Rive-de-Gier, 5 de la Haute-Saône, 7 concessions d'anthracite de la Mayenne et de la Sarthe, 3 du bassin du Drac, 4 de la Tarentaise, etc.

Concessions inexploitées faute de débouchés. — En second lieu,

viennent les concessions inexploitées par suite du manque de débouchés. Cette catégorie comprend :

14 mines	de houille	occupant	16.000	hectares.
24	—	d'anthracite	—	8.250	—
28	—	de lignite	—	8.200	—
soit, en tout, 66 mines et				32.450	—

Dans ce nombre, figurent 7 concessions de houille de l'Aveyron, 5 de la Basse-Loire, 2 de la Vendée, 2 concessions d'anthracite de la Mayenne, 17 de la Savoie, 3 du Drac, 10 concessions de lignite des Basses-Alpes. 3 de la Savoie, 13 du Gard, 2 des Landes.

Pour les concessions de l'Aveyron, il est possible que le perfectionnement des voies de communication leur assure un jour des débouchés plus faciles et qu'ainsi près de 3.000 hectares inexploités soient rendus productifs. Mais, pour les autres, l'insuffisance des débouchés tient à la nature même du combustible. Ainsi la houille de la Vendée et celle de la Basse-Loire, l'anthracite de la Mayenne, ne peuvent guère servir qu'à la cuisson du calcaire et, si active que soit cette industrie depuis que l'usage de la chaux en agriculture est devenu général dans l'Ouest, les concessions actuellement exploitées suffisent amplement à son alimentation. Il en est de même pour l'anthracite de la Savoie et du Dauphiné; l'irrégularité des gisements, leur situation dans un pays très-difficile, paralyseront toujours leur exploitation; et, quant aux lignites du bassin de Celas, dans le Gard, où treize concessions sont inexploitées, il est peu probable que ce combustible puisse jamais lutter sérieusement contre le voisinage des bassins houillers d'Alais et du Vigan.

Par suite, ajoutant aux 49.000 hectares de la première catégorie la surface des concessions inexploitées faute de débouchés et défalquant seulement la part afférente à l'Aveyron, il reste à peu près 79.000 hectares, soit près de la moitié de la surface totale inexploitée, dont il paraît impossible d'attendre aucun développement sérieux.

Insuccès des premiers travaux. — Difficultés de l'exploitation. — Une troisième catégorie est celle des concessions demeurées jusqu'à présent improductives, par suite de l'insuccès des travaux exécutés.

Dans ce nombre figurent quatre concessions du Nord : celle de Thivencelles (981 hectares), Hasnon (1.488 hectares), Crespin (2.842 hectares) et Saint-Aybert (455 hectares). La compagnie d'Anzin a repris dernièrement l'exploitation d'Hasnon, et l'on an-

nonce la prochaine mise en activité des mines de Thivencelles et de Saint-Aybert, pour lesquelles la compagnie de Fresnes-Midi avait poussé les sacrifices jusqu'aux dernières limites du possible.

La reprise de ces trois concessions sera due, d'un côté, aux bénéfices réalisés par les exploitants pendant la dernière crise; d'un autre côté, à l'invention de nouveaux procédés de fonçage permettant de triompher des terrains aquifères. Quant à la concession de Crespin, le propriétaire trouverait, dit-on, facilement un aquéreur, et une mise en demeure prononcée par l'administration serait opportune pour activer cette négociation. Malheureusement ces quatre mines sont situées dans la zone des charbons maigres et, de plus, dans la partie la plus bouleversée du bassin, en sorte que, le jour où elles seront sur le même pied que les mines voisines, en admettant que cela soit possible, elles n'augmenteront la production du Nord que de tout au plus 400 ou 500 quintaux par hectare.

Dans le Gard, la concession de Montalet (1.312 hectares), presque impossible à atteindre par elle-même, sera bientôt mise en valeur à l'aide de la concession limitrophe de Salles, où les travaux seront menés très-activement. Il est permis d'espérer de ce chef une extraction d'environ 1.000 quintaux par hectare.

Mais la concession des Mages, récemment instituée dans le même département et occupant 2.794 hectares, paraît présenter des difficultés insurmontables dans l'état actuel de l'art du mineur.

Plusieurs mines de lignite du bassin d'Aix, dans les Bouches-du-Rhône, sont rendues improductives à cause de l'affluence des eaux. On pratique actuellement une galerie d'écoulement destinée à assécher le bassin et qui permettra de remettre en valeur plus de 1.200 hectares de terrain concédé.

La mine de houille de Lamothe (656 hectares), dans le bassin de Brassac, a été abandonnée à la suite de dépenses considérables demeurées infructueuses; mais la société est en voie de reconstitution. Il en est de même pour les mines de Fondary (118 hectares) et d'Armoix (418 hectares).

Dans le bassin d'Épinac, les concessions de Sully (1.758 hectares) et de Pauvray (1.048 hectares) ne pourraient être exploitées que moyennant des travaux très-dispendieux exécutés pour aller rechercher à de grandes profondeurs la couche d'Épinac. Dans l'état actuel des choses, il ne paraît pas que ces travaux puissent être entrepris avec fruit.

Dans l'Allier, la mine de Montcombroux (657 hectares) a vu échouer complétement ses derniers travaux. Il en est de même de

deux concessions d'anthracite de la Maurienne, de la petite mine de houille de Ladevèze (124 hectares), dans l'Aveyron; de celle de Chadernac (480 hectares), dans la Haute-Loire; de deux mines de lignite de l'Aveyron (1.300 hectares); de six autres mines de lignite du Minervois (Hérault), embrassant plus de 6.000 hectares et dont on affirme que la reprise ne pourrait donner que des résultats insignifiants.

En résumé, dans cette catégorie, on ne peut guère compter comme susceptibles de reprise que les huit concessions de houille du Nord, du Gard et de Brassac, qui pourraient, une fois mises en pleine exploitation, produire annuellement un maximum de 2 à 3 millions de quintaux. En outre, l'asséchement des mines de lignite d'Aix pourrait augmenter le produit de ce bassin d'environ 600.000 quintaux. Tout le reste doit être considéré comme sacrifié.

Concessions inexploitées faute de moyens de transport. — Une catégorie importante, au point de vue du développement de la production, est celle des concessions inexploitées faute de moyens de transport. Elle comprend 10 concessions de houille et 7 concessions de lignite.

Ce sont, pour la houille :

La mine de Deneuille (798 hectares), dans le bassin de Buxière (Allier); celle de Fréjus (1.756 hectares), dans le Var; celles de la Burande (647 hectares) et de Puy-Saint-Galmier (394 hectares), dans le bassin de Bourg-Lastic (Puy-de-Dôme); celles de Trévezel (79 hectares) et Laviquière (135 hectares), dans le Gard; enfin et surtout les quatre concessions du bassin de Champagnac (Cantal), comprenant ensemble 1.286 hectares et dont la mise en exploitation est uniquement subordonnée à l'ouverture du chemin de fer de Clermont à Tulle, avec embranchement d'Eygurande à Vendes. Le jour où cette ligne sera livrée à la circulation, rien ne sera plus facile que de porter, en une année, l'extraction de Champagnac à 1 million de quintaux.

Pour le lignite, il y a lieu de citer les concessions de Fontienne et de Bois-du-Roi (55 hectares), dans les Basses-Alpes; quatre concessions (1.117 hectares) du bassin d'Entrevernes (Haute-Savoie) et la mine de Cesseras (652 hectares), dans le Minervois.

Enfin on pourrait ajouter à cette énumération la plupart des mines d'anthracite de la Savoie.

Mais ces chiffres ne donnent encore qu'une très-faible idée de la gêne imposée à la production française par l'absence de moyens de transport au voisinage de certains bassins.

Il faudrait, en effet, faire entrer en ligne de compte une foule de concessions exploitées, mais dont l'extraction, paralysée par cette circonstance, donne des résultats fort inférieurs à ceux qu'on est en droit d'attendre. Cette étude viendra un peu plus loin, en sa place, et ses résultats s'appliqueront alors aussi bien aux concessions inexploitées de la présente catégorie qu'à celles dont le rendement est insuffisant pour le même motif.

Concessions inexploitées par suite de mauvaises affaires des concessionnaires. — Un certain nombre de mines (9 de houille, 5 de lignite et 4 d'anthracite) sont actuellement inexploitées, à la suite de mauvaises affaires des concessionnaires. A ce groupe appartiennent les concessions suivantes :

Bassin du Nord : concession de Marly (3.313 hectares), dont la société est en voie de reconstitution et s'occupe de reprendre l'exploitation de la mine.

Bassin de Saint-Étienne : concession de Sibertière (190 hectares) et du grand Rouzy (28 hectares).

Bassin d'Alais : concession de Provençal (361 hectares). Les propriétaires, hors d'état de la remettre en valeur, exigent pour la vente un prix trop élevé. L'intervention de l'administration sous la forme d'une mise en demeure paraît ici nécessaire.

Bassin de Blanzy : la concession des Petits-Châteaux (733 hectares) trouvait un acquéreur en 1873.

Bassin d'Aix : concession de Saint-Victor (354 hectares) et des Routes (404 hectares). Cette dernière appartenant à un propriétaire insolvable, il y a lieu de prononcer le retrait et la mise en adjudication.

Bassin de la Maurienne : mines d'anthracite de Chamérant (133 hectares) et du Ban de la Salle (119 hectares), faisant partie d'une liquidation de faillite.

Bassin de Manosque : mines de lignite de Montfuron et de Saint-Martin-de-Renias (640 hectares).

Bassin de Roanne : mines d'anthracite de Bruyères et de Bully (2,219 hectares), inactives depuis la ruine de l'amodiataire.

Bassin de Fins : mines de houille de Fins (800 hectares) et de la Pochonnière (635 hectares).

Bassin du Minervois : mine de lignite de Beaufort (220 hectares), susceptible d'être reprise avec avantage.

Bassin d'Argentat (Corrèze) : mine de houille de Saint-Bonnet-la-Rivière (116 hectares), pour laquelle il y aura lieu de prononcer la mise en demeure, après l'ouverture de la ligne de Lafarge à Brives.

Concession de houille de Communey (Isère), 900 hectares, en ce moment l'objet d'une tentative de reprise.

L'accroissement de production qui pourra résulter de la mise en activité de ces mines ne sera jamais bien considérable; néanmoins, il importe que l'administration, à laquelle on ne saurait reprocher de n'avoir pas laissé aux concessionnaires toute la latitude nécessaire, les mette prochainement en demeure, ou de reprendre l'exploitation, ou de voir prononcer le retrait et l'adjudication à d'autres personnes.

Concessions inexploitées pour diverses causes. — Deux concessions de houille, notamment celle du Plessis, dans la Manche, 4.761 hectares, sont inexploitées par suite de la mort du concessionnaire et de difficultés survenues entre les héritiers. A l'égard de la mine Duplessis, encore très-imparfaitement connue, il y a lieu d'imposer aux concessionnaires ou à leurs représentants l'obligation d'exécuter des sondages.

On signale encore, à la fin de 1872, 7 mines de houille, 2 de lignite et 3 d'anthracite, en chômage provisoire pour des causes fortuites, telles que la mort du maître mineur ou un accident survenu aux travaux. En raison du caractère momentané de ces chômages, il n'y a, de la part de l'administration, aucune mesure à prendre.

Il n'en est pas de même pour la mine d'anthracite de Lay (466 hectares), dans le bassin de Roanne, qui est inexploitée depuis 1866, par suite d'un accord entre l'amodiataire et les exploitants des concessions voisines. Un pareil motif est tout à fait inadmissible et l'administration a le devoir de faire cesser cet abus.

Une mise en demeure conviendrait également pour les mines, inexploitées sans motifs, de la Planquette et du Megrin (Aveyron).

Concessions inexploitées par suite de concentration des travaux. — Enfin il y a 8 concessions de houille qui sont inexploitées par suite de la concentration des travaux sur d'autres concessions, appartenant aux mêmes propriétaires. Ainsi, dans le bassin de Blanzy, les concessions de Ragny, des Badeaux, des Porrots et de la Theurée-Maillot, comprenant ensemble 3,584 hectares, sont actuellement improductives, parce que la société qui les possède a concentré son exploitation sur les concessions de Blanzy.

De même, dans le bassin de Roujan (Hérault), les mines de Mounio (3.691 hectares) et de Caylus (448 hectares) sont inexploitées, les efforts des propriétaires ayant été concentrés sur la mine du Bousquet de Roquebrune.

Enfin, dans le bassin de Graissessac, la concession de Saint-

Genies-de-Varensal (1.318 hectares), appartenant à la même société que la mine de Castanet, est inexploitée au profit de cette dernière.

La reprise des deux mines de Roujan est subordonnée, paraît-il, à l'achèvement du chemin de fer de Paulhan à Roquessels. La reprise de Saint-Genies serait sans résultat, la mine de Castanet suffisant amplement aux débouchés actuels. Quant aux concessions inexploitées de Blanzy, la question qu'elles soulèvent sera plus convenablement traitée avec celle des concessions incomplétement exploitées.

Étude sur les principaux bassins houillers exploités.— Activité des concessions exploitées.

Après avoir cherché à évaluer les ressources que pourraient offrir, dans l'avenir, les concessions actuellement inexploitées, il convient de porter notre attention sur les divers bassins en exploitation, pour nous rendre un compte sommaire de l'activité imprimée à la production et rechercher, chemin faisant, tout ce qui peut en améliorer les conditions.

Activité d'une concession. — Il est très-difficile, pour ne pas dire impossible, de déterminer le chiffre que doit atteindre l'extraction, dans une concession donnée, pour que la mine puisse être regardée comme en pleine activité. D'abord, pour une même richesse houillère, l'activité d'une mine dépend du nombre des ouvriers qu'on peut y mettre et des capitaux que le concessionnaire peut consacrer à l'installation du matériel.

Ces divers éléments restant les mêmes, l'extraction n'en demeure pas moins soumise aux fluctuations de la demande, qui sera minime en de certains moments, excessive dans d'autres. Mais les données les plus variables sont celles qui tiennent à la nature du gisement, c'est-à-dire le nombre, l'épaisseur, la profondeur et l'allure des couches exploitables. Ces éléments, variables avec chaque bassin, le sont aussi, dans un même bassin, d'une mine à une autre, et quelquefois d'un puits à un autre puits d'une même mine. L'inégalité qui en résulte est surtout sensible en France, où les conditions de gisement les plus dissemblables caractérisent les divers bassins houillers.

Si donc il est impossible d'arriver à cet égard à des chiffres précis, si surtout il faut renoncer, d'une manière absolue, à asseoir sur de telles évaluations les bases d'une intervention de l'État dans la conduite des exploitations, il n'est pas sans intérêt de com-

parer entre eux les résultats fournis par différentes mines convenablement choisies. On peut ainsi, tout au moins, se faire une idée du développement que la production atteindrait avec des conditions favorables de capital et de main-d'œuvre En même temps, il y a lieu, pour l'État, d'en tirer quelques enseignements utiles, susceptibles d'être mis à profit lors de l'institution de concessions nouvelles.

Comparaison des divers bassins. — Sous les réserves qui viennent d'être exprimées, nous pouvons essayer de dresser un tableau comparatif du rendement des divers bassins houillers français, en prenant pour terme de comparaison l'extraction en quintaux métriques par chaque hectare de concession exploitée. Les chiffres qui ont servi à dresser ce tableau sont relatifs à la production de 1872. On y a joint, lorsque cela était possible, les chiffres de 1873.

BASSINS HOUILLERS.	NOMBRE DE QUINTAUX extraits par hectare exploité.	
	1872	1873
Valenciennes	643	691
Pas-de-Calais	540	594
Saint-Étienne	1.730	1.930
Alais	520	740
Commentry	2.600	»
Blanzy-Creuzot	326	»
Graissessac	368	»
Epinac	456	»
Aubin	2.660	»
Anthracite de la Mayenne	130	148
Anthracite du Drac	523	»
Anthracite de la Savoie	77	»
Lignites d'Aix	197	192
Ensemble de la France	429	472

Influence des circonstances naturelles. — Ce qui frappe tout d'abord à l'inspection de ce tableau, c'est l'extrême inégalité des résultats obtenus. Tandis que le bassin d'anthracite de la Savoie ne donne que 77 quintaux par hectare exploité, le bassin houiller du Nord en donne de 6 à 700 et celui d'Aubin dépasse 2.600. En cherchant à se rendre compte de cette inégalité, on voit de suite que la cause principale est la différence dans la distribution naturelle des richesses houillères. En effet, les chiffres les plus élevés, 2.600 et 2.660 quintaux, sont obtenus par le bassin de Commentry et celui d'Aubin. Or ces deux bassins sont caractérisés par la présence de couches de houille d'une épaisseur énorme, capable d'atteindre, en certains points, 25 ou 30 mètres. Ces couches sont

inclinées, ce qui augmente encore la quantité à extraire par hectare de superficie, et enfin peuvent être attaquées partiellement à découvert, ce qui permet une exploitation beaucoup plus active.

Après Aubin et Commentry, c'est à Saint-Étienne que se trouve la production la plus élevée, soit 1.900 quintaux en 1873. Ce résultat devait être prévu à l'avance, car le bassin de Saint-Étienne est très-favorisé sous le rapport de la puissance et du nombre de couches. Ainsi le district du Treuil exploite plus de 9 mètres de houille, divisés en cinq couches, et au Mont-Salson il y a de 25 à 30 mètres de charbon exploité, partagés en dix couches, dont une seule dépasse 10 mètres de puissance.

Dans le Nord, où la houille exploitable est subdivisée en un grand nombre de couches minces dont la plus puissante n'a que 1 mètre, il n'est pas étonnant que le rendement soit inférieur à celui de Saint-Étienne et n'atteigne que 600 à 700 quintaux.

Quant au Pas-de-Calais, dont le rendement commence seulement à arriver à 600 quintaux, bien que les conditions du gisement soient peu différentes de celles du Nord, cela s'explique, d'un côté, par la plus grande profondeur des puits, le charbon étant recouvert par une plus grande épaisseur de morts-terrains, d'un autre côté, par ce fait que le Pas-de-Calais est un bassin de récente création, qui ne date que de 1852 et qui n'a pu encore, malgré de véritables merveilles d'activité, arriver au même développement que les bassins anciennement connus. Ajoutons que la différence entre le rendement de Saint-Étienne et celui du Nord serait moins considérable, si les concessions du bassin de Valenciennes avaient pu être aussi exactement délimitées que celles de la Loire. Mais, le terrain houiller n'affleurant pas dans le Nord, le périmètre des concessions, déterminé d'après les indications des premiers sondages, contient certainement des parties stériles, qui font subir au rendement moyen une diminution assez sensible.

Comparaison avec la Belgique. — Quand on voit le bassin d'Aubin produire quatre fois plus à l'hectare que celui du Nord, bien qu'il soit constant que les compagnies du bassin de Valenciennes sont aussi puissamment outillées qu'elles sont bien pourvues de capitaux, il n'est pas étonnant qu'en passant la frontière, on rencontre, dans le bassin du Hainaut, un rendement moyen de 1.750 quintaux. D'une part, l'exploitation, déjà vieille de huit siècles, a eu le temps d'arriver à tout son développement, tandis que le bassin d'Anzin ne date que de 1734. D'autre part, le terrain houiller de Belgique affleure généralement à découvert; les con-

cessions y ont donc facilement été délimitées, sans sortir des zones productives ; la portion du bassin de Mons où la houille est recouverte par des morts-terrains aquifères est en grande partie inexploitée, tandis qu'en France, plusieurs de nos concessions actives du Nord sont aux prises avec cette difficulté. On peut affirmer que les parties stériles sont plus fréquentes dans le Nord que dans le Hainaut. Enfin et c'est là sans nul doute la raison principale, en regard des onze couches de houille qui résument la richesse d'Anzin, il faut placer l'énumération des soixante et quelques couches exploitées dans le riche bassin du Hainaut.

Si donc le rapprochement brutal des chiffres nous conduit à constater que le rendement des concessions à Mons et à Charleroi est égal à deux fois et demie le rendement des concessions françaises voisines, il faut s'empresser d'ajouter que la plus grande partie, sinon la totalité de cette différence, est imputable aux conditions naturelles du gisement.

Influence de l'étendue des concessions et de la puissance des exploitations. — Après avoir comparé entre eux des bassins très-inégalement partagés sous le rapport de la concentration des richesses houillères, il convient de faire un travail analogue pour les diverses régions d'un même bassin ; la part des inégalités naturelles sera ainsi beaucoup moindre et nous pourrons mieux apprécier l'influence des autres conditions, telles que l'étendue des concessions et la puissance relative des exploitations. C'est ce que nous allons faire, en nous servant des chiffres de l'enquête administrative sur l'exploitation en 1872.

Les circonstances propres au bassin du Nord sont résumées dans le tableau suivant :

CONCESSIONS EXPLOITÉES.		ÉTENDUE en hectares.	RENDEMENT à l'hectare exploité.
			quintaux.
Totalité du bassin		50.200	643
Compagnie d'Anzin.	En totalité	26.597	765
	Concession d'Anzin	11.851	1.005
	— de Denain	1.343	800
	— de Vieux-Condé	3.996	600
	— de Fresnes	2.072	360
Concession d'Aniche		11.850	473
— de l'Escarpelle		4.721	460
— de Vicoigne		1.320	1.033

La véritable mesure de l'activité du bassin du Nord est le rende-

ment de la concession d'Anzin, dont le périmètre considérable, riche en houilles grasses, fournit un peu plus de 1.000 quintaux à l'hectare. Mais, dans la moyenne du bassin, ce rendement est fortement amoindri, surtout par les chiffres relatifs à Aniche, à l'Escarpelle et à Fresnes. Il est remarquable que la compagnie qui fournit le rendement le plus élevé, celle de Vicoigne, est aussi celle qui exploite le plus petit périmètre. Ce résultat mérite d'être rapproché de celui qu'on observe en Belgique, où le rendement de 1.750 quintaux à l'hectare est obtenu avec des concessions dont la moyenne est peu supérieure à 500 hectares, tandis que les concessions d'Anzin et d'Aniche en ont chacune près de 12.000. Sans doute, il ne saurait être question de contester un moment les droits acquis par les compagnies sur les périmètres qui leur ont été concédés; mais il sera permis de faire observer qu'à ne considérer que l'activité de la production et laissant de côté les raisons qui peuvent militer en faveur des compagnies puissantes, l'État eût peut-être été mieux inspiré si, dès l'origine, il avait plus étroitement limité les périmètres des concessions. La mise en valeur d'une étendue, qui dépasse 10.000 hectares est chose extrêmement difficile, et il arrive souvent qu'après bien des années, il reste encore, dans un pareil périmètre, des parties qui ne sont même pas explorées.

En revanche, cet état de choses laisse à l'avenir une marche considérable et permet d'espérer un large accroissement de production, au fur et à mesure du développement des travaux. Ce développement est, du reste, subordonné à l'augmentation de la population ouvrière, pour laquelle il est juste de reconnaître que les compagnies du Nord ont fait les plus louables efforts. Nous aurons à revenir plus tard sur ce point de vue; pour le moment, contentons-nous de constater que le bassin du Nord ne peut pas encore être considéré comme en plein rapport et que la production peut s'y accroître beaucoup, tant par la mise en valeur des concessions inexploitées que par un redoublement d'activité imprimé aux exploitations existantes. La réalisation de ces espérances aura, du reste, été facilitée par la dernière crise, qui, dans la seule compagnie d'Anzin, a provoqué l'établissement d'un nouveau et double siége d'exploitation dont le devis est estimé à 3 millions.

Passons maintenant au bassin du Pas-de-Calais et donnons les principaux chiffres qui le caractérisent.

CONCESSIONS EXPLOITÉES.	ÉTENDUE en hectares.	RENDEMENT à l'hectare.
		quintaux.
Ensemble du bassin	50.255	540
Concession de Ferfay	928	1.665
— de Liévin	761	1.550
— de Lens	6.329	885
— de Courrières	5.317	635
— de Marles	2.990	659
— de Bruay	3.809	497
— de Nœux	7.969	464
— d'Auchy	1.363	155

La concession d'Auchy, située dans des conditions très-difficiles et exceptionnelles relativement au reste du bassin, étant mise à part, il ressort de ce tableau que, pour le Pas-de-Calais comme pour le Nord, les plus petites concessions sont les plus productives. Ainsi, Ferfay et Liévin, dont chacune a moins de 1.000 hectares, donnent un rendement triple de la moyenne du bassin et sensiblement supérieur au rendement le plus élevé du Nord.

Nous avons vu précédemment que le rendement du Pas-de-Calais, de 1872 à 1873, s'était élevé de 540 à 594. Bien qu'il y ait eu ralentissement sensible dans le premier trimestre de 1874, il n'est pas douteux que ce rendement ne continue à s'accroître notablement par la suite. En effet, sous l'impulsion de la dernière crise, dix fosses nouvelles, dont trois composées de deux puits, ont été commencées dans le Pas-de-Calais. Si l'on songe que ce bassin renferme quarante puits en activité, en supposant que les treize puits nouveaux donnent un rendement égal aux précédents, l'extraction du bassin pourrait être, en peu de temps, augmentée d'un tiers, sans préjudice de l'accroissement normal dans les puits existants. Donc on peut dire que le Pas-de-Calais, plus encore que le Nord, promet, pour l'avenir, une augmentation sensible de la production française.

Poursuivons cet examen par l'étude des bassins de la Loire.

CONCESSIONS EXPLOITÉES.	ÉTENDUE en hectares.	RENDEMENT à l'hectare.
		quintaux.
Ensemble du bassin de Saint-Étienne et de Rive-de-Gier	20.698	1.730
Compagnie des mines de la Loire	981	3.600
Compagnie des houillères de Saint-Étienne	1.085	5.200
Les quatre concessions les plus productives de la compagnie des houillères de Saint-Étienne	444	8.250
Compagnie de Saint-Chamond	3.462	110
Société anonyme de Rive-de-Gier	869	2.900
Compagnie de la Péronnière	79	15.000
Compagnie de Firminy	5.856	1.065
Ensemble du bassin, moins Saint-Chamond et Firminy	11.300	2.650

On le voit, la diversité des rendements est extrême dans le bassin de la Loire; il suffit de comparer le chiffre de 15.000 quintaux, fourni par la compagnie de la Péronnière, avec celui de 1.065, donné par la compagnie de Firminy. Or la première est concentrée sur 79 hectares, tandis que la seconde a 5.856 hectares, soit plus du quart de la totalité du bassin.

En revanche, tandis que onze concessions exploitées par des propriétaires séparés et couvrant 2.440 hectares (soit 220 hectares par concession), ne donnent qu'un rendement moyen de 1.300 quintaux, il suffit de la concentration de 1.085 hectares entre les mains de la compagnie des houillères de Saint-Étienne pour donner un rendement de 5.200 quintaux; et la réunion de 981 hectares au profit de la société des mines de la Loire, sans produire un résultat aussi élevé, donne encore le chiffre de 3.600, notablement supérieur à la moyenne du bassin, défalcation faite de Saint-Chamond et de Firminy.

Ainsi, dans le Nord et le Pas-de-Calais, où la plupart des concessions ont plusieurs milliers d'hectares, ce sont les sociétés réduites à un périmètre de 1.000 hectares environ qui donnent le rendement le plus élevé ; et, dans le bassin de la Loire, où, par suite des faits acquis antérieurement à la loi de 1810, la propriété minière se trouvait infiniment morcelée, le maximum de rendement (sauf le cas particulier de la Péronnière) appartient aux sociétés qui ont pu réunir plusieurs concessions, de manière à embrasser sous une même exploitation un périmètre d'un millier d'hectares. En sorte que les deux bassins, quoique bien différents l'un de l'autre, quant à la concentration de la richesse houillère, peuvent servir à la vérification du même principe.

Le bassin d'Alais va également nous donner, suivant les concessions, des résultats très-dissemblables.

CONCESSIONS EXPLOITÉES.	ÉTENDUE en hectares.	RENDEMENT à l'hectare.
		quintaux.
Ensemble du bassin d'Alais	22.861	520
Compagnie de la Grand'Combe :		
Concession de Trescol	1.484	1.625
— de la Fenadou	415	1.310
— de la Grand'Combe	3.601	193
— de Champelauson	5.540	72
— réunies de la Grand'Combe	14.165	307
Compagnie houillère de Bességes	2.806	1.253
— de Terre-Noire	406	1.475
— des forges d'Alais	4.945	562
— de Mokta	539	1.157

On voit que le chiffre du rendement du bassin d'Alais serait beaucoup plus élevé, s'il n'y avait pas, dans le territoire de la compagnie de la Grand'Combe, plus de 6.000 hectares qui demeurent à peine exploités. Mais il convient d'ajouter immédiatement que l'insuffisance de la population ouvrière est la seule cause de cet état de choses. Aucune compagnie n'a fait plus de sacrifices que celle de la Grand'Combe pour assurer le recrutement des mineurs. En maisons, écoles, hôpitaux, églises, elle a dépensé des sommes considérables; c'est elle qui a créé les villages situés sur le périmètre de sa concession : elle se déclare en mesure d'occuper tous les ouvriers qui se présenteront; il serait donc injuste de lui reprocher de n'avoir pas pu élever encore le rendement de ses diverses concessions au chiffre atteint pour Trescol.

Une remarque semblable s'applique, dans le bassin de Saône-et-Loire, à la compagnie de Montceau-les-Mines, qui, en concentrant tous ses efforts sur la concession de Blanzy, a pu arriver à un rendement de 1.160 quintaux, applicable à une étendue de 4.253 hectares. Il est vrai qu'elle laisse inexploitées six concessions, couvrant 4.500 hectares, sans parler des 12.000 hectares en grande partie stériles, de la concession peu exploitée de Saint-Berain. Mais la compagnie de Blanzy a également fait tous ses efforts pour augmenter la population de ses mines ; la première elle a introduit dans son exploitation l'emploi des moyens mécaniques de perforation et d'abatage. La contraindre à reporter une partie de son personnel sur les concessions inexploitées serait assurément diminuer son rendement actuel, qui s'est accru d'un tiers depuis 1869.

Toutefois, pour Blanzy comme pour la Grand'Combe et sans mettre en question la légitimité de leur droit sur tout le périmètre

concédé, il sera permis de regretter que, par des concessions trop étendues, l'État ait concentré en un petit nombre de mains une masse de terrains houillers, dont la mise en valeur avait tout à gagner à une plus grande division. Et, s'il y a là, pour l'avenir, des réserves importantes, il n'en est pas moins vrai qu'il y a aussi dans le présent un motif de gêne pour l'ensemble de la production.

Une étude aussi détaillée serait sans objet pour les autres bassins de production. Contentons-nous de signaler brièvement les faits les plus saillants.

Dans le bassin de Commentry, la société dite de Commentry (2.369 hectares) donne 2.340 quintaux de rendement; la société de Châtillon et de Commentry, pour 1.015 hectares de concession, atteint 3.295 quintaux; au contraire, deux concessions, appartenant à des particuliers et couvrant 628 hectares, ne donnent qu'un rendement de 250 quintaux.

Dans le bassin d'Aubin, le rendement le plus élevé est celui des trois concessions de la régie d'Aubin, qui n'occupent que 368 hectares et donnent 4.590 quintaux à l'hectare. Dans le bassin d'anthracite de la Savoie, tandis que le rendement moyen n'est que de 77 quintaux, une compagnie, celle de Saint-Michel, qui exploite 10 hectares seulement à la Saussaz, arrive au rendement extraordinaire de 5.539 quintaux.

Enfin, tandis que la moyenne du bassin à lignite d'Aix est de 197 quintaux, la concession de Peypin atteint 2.050 quintaux.

Ce qui ressort clairement du travail purement statistique auquel nous venons de nous livrer, c'est que les conditions les plus favorables à l'activité de la production, en dehors des circonstances naturelles du gisement, sont une étendue modérée des concessions, comprise aux environs de 1.000 hectares, et, dans l'exploitation, l'intervention de sociétés assez puissantes pour organiser le matériel nécessaire et pour créer tous les établissements propres à assurer le recrutement de la population ouvrière.

Augmentation de la population ouvrière des mines. — Si le gouvernement doit s'inspirer de ces principes, dans l'institution des concessions à venir ou lorsqu'il s'agit d'autoriser la réunion de concessions existantes, il n'a évidemment pas à intervenir en ce qui touche l'accroissement du nombre des mineurs, prélude indispensable du développement de la production.

Il suffit, d'ailleurs, de considérer ce qui s'est fait à cet égard dans les principaux bassins, pour se convaincre que l'initiative privée est à la hauteur de cette tâche.

Sans entrer dans des détails qui trouveraient plus convenablement leur place dans l'enquête sur les conditions du travail en France, on peut citer quelques chiffres qui mettent hors de doute à la fois la puissance et la bonne volonté des compagnies houillères.

C'est ainsi que les différentes compagnies du Nord et du Pas-de-Calais ont dépensé, en maisons d'ouvriers, maisons d'écoles, institutions de prévoyance, etc., des sommes égales *au quart* des dividendes qu'elles ont distribués à leurs actionnaires et dont l'intérêt dépasse 80 francs par ouvrier mineur. Plusieurs d'entre elles pratiquent avec succès le système ingénieux qui consiste à rendre les ouvriers propriétaires de leurs maisons, par une série de versements minimes échelonnés sur plusieurs années.

Actuellement, dans les deux bassins en question, la proportion des ouvriers logés par les soins des compagnies est quatre fois supérieure à ce qu'elle est en Belgique, aussi le recrutement des mineurs s'y fait-il avec une assez grande facilité.

Depuis 1852, le bassin du Pas-de-Calais a créé une population de 17.000 ouvriers et le bassin du Nord, qui occupait 11.579 ouvriers en 1860 et 16.766 en 1871, en avait 18.693 en 1873, soit une augmentation de 1.927 en deux ans, dont 1.604 ouvriers du fond et 323 ouvriers du jour.

A Blanzy, on évalue à 90 francs par ouvrier mineur l'intérêt des sommes bénévolement dépensées par la compagnie, qui, d'ailleurs, profite de l'allure particulière de ses couches de houille pour installer des haveuses mécaniques, avec lesquelles elle pourra suppléer à l'insuffisance du personnel. Enfin, à la Grand'-Combe, la compagnie loge elle-même 3.100 personnes dans des constructions qui lui ont coûté, y compris les églises et les écoles, plus de 1.500.000 francs, et les subventions annuelles qu'elle alloue à son personnel, à titre gratuit, atteignent 190.000 francs.

Nous n'insisterons pas davantage sur cet exposé, qui avait simplement pour but de montrer, à l'aide de quelques chiffres, que les compagnies houillères françaises avaient assez bien compris leurs véritables intérêts pour ne pas reculer devant de grands sacrifices, en vue d'assurer le maintien et le développement du personnel ouvrier. On peut dire hardiment que, sous ce rapport, la France laisse loin derrière elle l'Angleterre et la Belgique; aussi est-il permis de penser qu'elle doit à cette conduite intelligente d'avoir été à peine effleurée par les grèves pendant la dernière crise.

Plusieurs déposants ont demandé que l'État, pour faciliter le recrutement de la population des mines, accorde aux mineurs des

immunités spéciales en matière d'impôt et de service militaire

La commission n'a pas cru devoir s'engager dans cette voie, estimant que ce privilége pourrait être au même titre réclamé par l'agriculture et nombre d'autres industries, et qu'ainsi on serait conduit à de véritables impossibilités.

Recherches de gisements nouveaux.

En dehors de l'accroissement de production qu'il est permis d'attendre, soit de la mise en valeur des concessions inexploitées, soit d'un redoublement d'activité dans les exploitations existantes, il y a lieu de se demander si toutes les richesses houillères de la France sont bien connues et s'il faut renoncer à l'espoir de découvrir, sous notre sol, de nouveaux gisements de combustible.

Sans autoriser à cet égard de très-grandes espérances, l'enquête permet cependant de croire que les recherches de houille peuvent encore être poursuivies avec fruit sur divers points du territoire.

Bassins du nord de la France. — Si le prolongement du bassin de Béthune vers le nord-ouest ne paraît offrir qu'une bande étroite de terrain houiller, bouleversée par une foule d'accidents qui en rendent l'exploitation presque impossible, la limite méridionale de ce bassin a été reculée vers le sud par suite de nouveaux sondages. Déjà une extension a été accordée, dans ce sens, à la concession de Liévin et il y aura, sans doute, lieu d'en faire autant pour les concessions voisines. Mais l'addition qui en résulte pour le bassin a peu d'importance : il ne s'agit, en effet, que de quelques lambeaux houillers, cachés dans des replis de roches plus anciennes et qui avaient d'abord échappé aux recherches, les premiers sondages ayant été arrêtés, dès la rencontre de ces roches, habituellement connues pour servir de base au terrain houiller.

Finistère. — Le bassin de Quimper a été l'objet de recherches récentes. On a pu constater qu'il se poursuit sur une étendue de 24 kilomètres, mais avec une largeur rarement supérieure à 500 mètres. L'étude géologique des affleurements donne lieu de craindre qu'on n'ait affaire à un lambeau de formation houillère, emprisonné et disloqué entre les deux lèvres d'une cassure du terrain granitique. Au moins, dans l'état actuel des recherches, il n'est pas possible de fonder sur ce bassin aucune espérance sérieuse.

Ronchamp. — Depuis quelque temps, on a entrepris des sondages à l'ouest du bassin de Ronchamp (Haute-Saône), avec l'espoir de retrouver les couches exploitées dans la portion la plus ancien-

nement connue du district. Un de ces sondages ayant recoupé la houille à 700 mètres, on y commence un puits pour reconnaître l'allure des couches. Des recherches semblables se poursuivent à Mourière. Si elles réussissent, l'importance du bassin de Ronchamp peut en être doublée.

On signale aussi des sondages entrepris à Pesmes, sur la lisière du Doubs et du Jura, dans l'espérance assurément bien problématique de constater une jonction souterraine entre le terrain houiller de Ronchamp et celui de Blanzy.

Bassin de Blanzy et de Decize. — On sait que plusieurs des concessions du bassin de Blanzy sont inexploitées faute de bras : il n'est pas étonnant que la limite nord du bassin, vers la vallée de l'Arroux, soit incomplétement connue.

Quant au bassin houiller de Decize, dans la Nièvre, dont l'étendue considérable était restée à peine explorée, on peut compter sur sa mise en valeur, depuis qu'il est devenu la propriété de la société du Creuzot.

Commentry. — La grande couche qui assure la richesse des anciennes exploitations de Commentry a été tout récemment retrouvée en profondeur dans une autre portion du bassin. S'il n'y a pas là découverte d'un nouveau gisement, c'est du moins un grandissement notable du champ de l'exploitation actuelle.

Plateau central de la France. — Il y a, dans le plateau central de la France, beaucoup de petits bassins houillers qui sont encore très-peu explorés. Le progrès des voies de communication permettra, sans doute, d'y faire des recherches fructueuses. Il a déjà été question du bassin de Champagnac : les cartes géologiques montrent qu'il se poursuit dans le Puy-de-Dôme et jusque dans l'Allier, en formant une traînée étroite, mais presque ininterrompue et sur le parcours de laquelle il y aura probablement plus d'une concession nouvelle à instituer.

Aveyron. — Le bassin de l'Aveyron, et spécialement celui de Rodez, est également susceptible d'une notable extension. Ainsi quatre demandes en concessions nouvelles s'y sont déjà produites; il en résultera une augmentation de 4 à 5.000 hectares pour la superficie concédée. Là encore, ainsi que nous l'avons vu, le développement des voies de communication est appelé à exercer une salutaire influence.

Bassin du Vigan. — Une recherche qui, en cas de succès, est appelée à produire d'importants résultats, est celle qu'une société puissante entreprend actuellement dans le bassin du Vigan. En ce point, il existe un lambeau de terrain houiller, qui paraît s'enfon-

cer rapidement sous le terrain jurassique. On espère en retrouver la trace par des sondages exécutés au sud du Vigan, à travers les formations plus récentes.

Si ces recherches, qui doivent être poussées au delà de 500 mètres de profondeur, amènent la découverte du terrain houiller, on sera fondé à espérer que cette formation s'étend, sans trop de discontinuité, sous le golfe jurassique de Milhau, d'une part, jusqu'aux gisements de l'Aveyron, d'autre part, jusqu'à ceux de l'Hérault. Ce serait alors certainement le plus riche accroissement du terrain houiller français. Mais ce n'est encore qu'une conjecture, sur la valeur de laquelle on ne tardera pas à être édifié.

Bassin du Var. — Enfin les ingénieurs pensent qu'il y a quelque chose à entreprendre dans le Var, où le bassin houiller de l'Esterel, concédé en partie, mais à peine exploité, demande à être exploré plus sérieusement.

Projet de recherches en Normandie. — Pour terminer cet exposé, il convient de rappeler que le conseil général de la Seine-Inférieure a voté le principe d'une subvention éventuelle de 500.000 francs pour encourager la formation d'une compagnie normande de recherches. L'une des régions choisies pour les sondages en projet serait le pays de Bray, où l'on sait qu'un soulèvement amène au jour le terrain jurassique. Quelque aléatoire que puisse être une recherche de ce genre, elle offrirait un grand intérêt scientifique, en faisant connaître ce que deviennent les terrains anciens sous ce manteau crayeux compris entre le Nord et le Calvados et dont le pays de Bray interrompt seul la continuité.

Opportunité d'une intervention de l'État dans les recherches de mines. — Tout le monde sait que la recherche des mines ne peut guère être entreprise que par des sociétés munies de capitaux puissants et armées d'une persévérance que ne découragent pas les insuccès. La constitution de sociétés de ce genre a toujours été assez difficile en France et, quand elles ont eu à opérer en dehors de bassins déjà partiellement connus, leurs travaux ont été souvent poursuivis sans méthode et sans suite.

Aussi beaucoup de bons esprits ont-ils pensé que l'État pourrait intervenir avec efficacité dans cet ordre de travaux et que le caractère d'utilité générale, offert par la découverte de gisements houillers, justifierait pleinement une telle initiative. Cette intervention peut, d'ailleurs, se faire jour de deux manières, soit par une participation directe du Gouvernement aux travaux des recherches, soit à l'aide d'études préparatoires entreprises par les

ingénieurs de l'Etat et devant servir de bases aux recherches de l'industrie privée.

Dans le premier cas, les ingénieurs seraient invités à faire connaître les régions où il leur paraît probable que des fouilles peuvent être faites avec des chances raisonnables de succès; leurs projets, examinés par le conseil général des mines, seraient ensuite mis à exécution dans l'ordre de leur importance relative et des fonds spéciaux permettraient de faire face aux dépenses des sondages. En cas de succès, les demandes de concession ne tarderaient pas à se produire et, pour être indemnisé de ses dépenses, l'État n'aurait à invoquer aucune disposition législative nouvelle, la loi des mines ayant établi, au profit de l'inventeur d'un gîte minéral, non-seulement un droit d'invention, mais encore le remboursement des dépenses utilement faites. A l'appui de cette manière de procéder, on peut citer l'exemple de la compagnie des chemins de fer de l'Est, qui fait étudier par ses ingénieurs les gîtes de combustible ou de minerai de fer situés à proximité de son réseau, dans l'espoir que, par la mise à découvert de richesses minérales nouvelles, elle suscitera l'établissement d'industries propres à lui assurer une augmentation de trafic.

Cette intervention directe de l'État, bien que très-légitime en soi, pourra peut-être éveiller des scrupules chez ceux qui estiment qu'en matière industrielle, il faut laisser le champ libre à l'initiative privée; on ne manquera pas, sans doute, de faire ressortir combien, dans le cas de dépenses infructueuses, la situation pourra être délicate pour ceux qui en auront assumé la responsabilité au nom et pour le compte de l'État.

Toutefois il y a certains ordres de recherches qui ne peuvent guère se concevoir si l'État n'y participe pas d'une manière prépondérante, au moins par des allocations budgétaires. Ce sont les recherches qu'on peut appeler scientifiques, comme, par exemple, celles dont il est question pour la Normandie. En effet, en pareil cas, les chances d'atteindre un gîte exploitable sont des plus minimes; on n'a que des notions très-confuses sur l'épaisseur des couches à traverser; on ignore s'il y a des lacunes dans la série habituelle des terrains; en un mot, la géologie souterraine de toute cette portion du bassin de Paris est encore absolument inconnue.

D'autres régions de la France, soit dans les Ardennes, soit dans la Bourgogne et la Franche-Comté, soit dans le Midi, sont dans les mêmes conditions. Or, dans chacune de ces régions, un sondage intelligemment placé peut fournir des notions précieuses sur la nature du fond de la cuvette jurassique et, à l'aide de ces notions,

on déterminera plus tard, avec bien moins d'aléa, l'emplacement de nouveaux sondages. Mais, précisément parce que ces premières recherches sont d'ordre scientifique et peuvent difficilement conduire à un résultat industriel immédiat, elles dépassent ce qu'il est convenable de demander à l'initiative privée.

C'est une pensée de ce genre qui a déterminé le gouvernement prussien à exécuter, près de Berlin, le sondage de Sperenberg, qui a pénétré jusqu'à 1.200 mètres de profondeur, fournissant des résultats scientifiques d'un grand intérêt.

Ces explorations de fond sont évidemment du domaine de l'État, comme le sont les sondages en mer et les cartes géologiques ou topographiques. Dans une situation meilleure de nos finances, la commission n'eût pas hésité à conseiller à l'État de s'engager dans cette voie, avec l'appui et le contrôle des autorités scientifiques compétentes.

Pour l'instant, elle ne peut que signaler ce point de vue à l'attention publique, en réservant l'application pour des temps plus prospères.

En revanche, l'État peut, sans qu'il lui en coûte des dépenses sérieuses, faire exécuter, d'une manière générale et systématique, par les ingénieurs au corps des mines, des études préparatoires devant servir de bases aux recherches de l'industrie privée.

Pour que ces études soient fructueuses, il conviendrait tout d'abord de dresser une sorte de cadastre souterrain de la France, c'est-à-dire de faire tenir à jour, par les ingénieurs, à l'aide d'agents secondaires spécialement mis à leur disposition pour cet effet, des plans communaux à assez grande échelle, par exemple au 10/1000e, où seraient reportées toutes les indications des cartes géologiques existantes. Les emplacements des carrières, des mines, des affleurements, de tous les anciens travaux connus, y seraient scrupuleusement indiqués. Ce relevé une fois fait, partout où il y aurait quelques chances de trouver du charbon, les ingénieurs procéderaient à une étude détaillée du terrain, se faisant autoriser, le cas échéant, à faire donner quelques coups de pioche pour mieux préciser la nature du sous-sol.

Cette étude serait, autant que possible, confiée à des ingénieurs spécialement versés dans cet ordre de connaissances et avec le concours du service de la carte géologique de France. De cette manière et en séparant ce genre de travaux du service administratif proprement dit, on échapperait à l'inconvénient de voir abandonner les études commencées lorsque les ingénieurs changeraient de résidence. De tels travaux offriraient à l'activité des

ingénieurs des mines un aliment parfaitement en rapport avec l'esprit qui a présidé à la création de ce corps distingué. Dans l'origine, les ingénieurs des mines étaient destinés à devenir une sorte d'état-major scientifique de l'industrie, dans lequel les mineurs et les métallurgistes seraient assurés de trouver toujours des guides et des conseillers éclairés. Sans doute, cette conception, admissible à une époque où l'industrie avait besoin pour ses débuts d'une protection constante, serait aujourd'hui difficile à maintenir. En présence du merveilleux développement de l'industrie moderne, il serait souverainement téméraire, de la part des ingénieurs de l'État, d'offrir leurs avis à des exploitants pour la plupart aussi habiles qu'expérimentés.

Mais il n'en est pas de même en matière de recherches; ce sont des travaux qui exigent des méthodes spéciales, basées sur une connaissance approfondie de la géologie. Là le rôle des ingénieurs est tout tracé. En fait, d'ailleurs, cette direction n'a pas manqué de se produire dans quelques bassins importants et il n'est que juste de proclamer ce que la Loire, d'une part, et le Pas-de-Calais, de l'autre (pour ne citer que ceux-là), doivent à l'intervention des ingénieurs de l'Etat; seulement l'accomplissement normal et régulier de cette tâche est subordonné à une condition : c'est que, pour tous les travaux manuels, le corps des mines ait désormais à sa disposition ce qui lui a manqué jusqu'ici, c'est-à-dire la faculté de recourir à un personnel d'employés auxiliaires pour tous les travaux d'écriture et de dessin. La commission appelle donc tout spécialement sur ce point l'attention du ministre des travaux publics. La dépense qui naîtrait de cette nouvelle organisation serait amplement compensée par les résultats des travaux qu'elle aurait rendus possibles.

En tout cas et en attendant mieux, l'administration pourrait faciliter l'intervention de ses ingénieurs dans le travaux de recherches, par des mesures analogues à celles qui assurent aux particuliers le concours des ingénieurs des ponts et chaussées pour les études de drainage.

Topographie souterraine. — Au point de vue qui vient d'être étudié se rattache la question de la topographie souterraine des bassins houillers exploités. Diverses plaintes se sont fait entendre à ce sujet dans l'enquête. Or la loi exige formellement que tous les plans des travaux soient périodiquement communiqués aux ingénieurs et l'on ne peut douter de leur zèle à réclamer l'exécution de cette prescription. Si donc il était vrai qu'elle ne produisît pas toujours tous les fruits attendus, cela ne pourrait tenir qu'à la

cause déjà signalée, à l'insuffisance du personnel auxiliaire. Il y a évidemment une grande importance, pour l'utile direction des travaux de mines, à ce que les cartes et plans résumant les notions acquises à chaque moment sur l'allure d'un bassin soient exactement tenus au courant. Il serait facile de citer, à ce point de vue, de remarquables études dues à des ingénieurs des mines et qui ont puissamment aidé au développement de certains bassins. Il est à désirer que ces travaux ne restent pas le privilége de personnalités scientifiques marquantes.

En définitive, la simple coordination et la juxtaposition des éléments fournis par chacune des exploitations d'un même bassin constituent une œuvre de patience et d'exactitude, d'où l'on peut tirer de grandes lumières, sans qu'il ait été nécessaire d'y consacrer autre chose que du temps et le peu d'argent exigé par les travaux de dessin.

La commission insiste donc pour que ni l'un ni l'autre de ces deux éléments ne fassent défaut aux ingénieurs chargés des travaux de topographie souterraine.

Statistique de la production houillère en France. — Plusieurs déposants dans l'enquête ont signalé, comme une regrettable lacune, l'absence de bulletins trimestriels de la production houillère publiés au *Journal officiel*. Ils attachent une véritable importance à cette mesure administrative.

La commission a dû examiner si elle était véritablement utile et réalisable.

En étudiant la crise houillère, nous avons pu constater que la panique des consommateurs avait joué un grand rôle dans la hausse des prix. Le seul moyen, sinon de prévenir, du moins d'atténuer les effets de paniques semblables, serait de publier les chiffres relatifs à la production houillère. Une pareille publication, faite au moment de la crise, eût démontré que jamais la production n'avait été plus abondante et qu'en dehors de certaines causes locales, il n'y avait pas à redouter que le charbon fît défaut.

Or les remarquables travaux statistiques de l'administration des mines ne se publient que par périodes quinquennales et la dernière année, dont chaque volume fasse mention, est en général de quatre ou cinq ans en retard, relativement à la date de la publication. Ce retard est inspiré par le désir de ne publier que des chiffres parfaitement exacts et soumis à un contrôle sévère.

Mais, si cette nécessité se comprend lorsqu'il s'agit des statistiques relatives aux accidents, aux machines à vapeur et à l'industrie du fer, ainsi qu'à la consommation du charbon par départe-

ment, il n'en est pas de même pour les chiffres relatifs à la production houillère.

Bulletin trimestriel de production, importation et exportation. — Ces chiffres peuvent être facilement réunis, à l'expiration de chaque trimestre, et les rectifications dont ils seraient ultérieurement susceptibles sont sans aucune importance. Il est donc à désirer que l'administration fasse publier, à part, chaque trimestre, un état de la production de la houille en France. Bien entendu, il conviendra de ne point mentionner les concessions, mais de donner des ensembles, soit par bassins, soit par départements, ainsi que cela se pratique aujourd'hui.

La commission insiste beaucoup sur l'utilité d'une telle publication, qui, en y joignant les chiffres relatifs à l'importation et à l'exportation, tels que les fournit l'administration des douanes, ôterait tout prétexte à des craintes exagérées, relativement au manque possible de houille.

INDEX (*).

(*) Voir la note de la page 245.

DE LA TRANSMISSION

ET DE LA

DISTRIBUTION DES FORCES MOTRICES A GRANDE DISTANCE

AU MOYEN DE L'AIR COMPRIMÉ ET DE L'EAU SOUS PRESSION.

Par M. ARTHUR ACHARD, ingénieur, ancien élève de l'École des mines.

PREMIÈRE PARTIE.

DE L'AIR COMPRIMÉ.

1. L'emploi de l'air comprimé comme mode de transmission de la force motrice remonte aux travaux qui ont été exécutés dans les mines de la basse Loire par M. Triger vers 1840-45, et qui ont également été l'origine de son emploi dans la fondation des piles de ponts (*).

En 1850, cette application fut utilisée dans une mine des environs de Glasgow : on y voit déjà figurer l'intervention de l'eau comme agent réfrigérant dans la compression de l'air.

Puis vint l'application de l'air comprimé aux travaux de perforation du tunnel du mont Cenis. L'éclatant succès qu'elle obtint attira l'attention des ingénieurs qui s'occupent de travaux de mines, et avant que ce tunnel fût terminé, le percement de plusieurs galeries au rocher par la même méthode avait été mené à bonne fin.

La transmission par l'air comprimé a été jusqu'ici uti-

(*) Au sujet des moteurs à air comprimé établis par M. Triger, voir le *Rapport sur les travaux de percement du tunnel sous les Alpes et sur l'emploi des machines à l'intérieur des mines*, par A. Devillez, *Liége* 1863, et un article de M. A. Pernolet, dans le *Bulletin de l'Industrie minérale*, 3e livraison de 1872.

lisée pour le percement des galeries et tunnels et pour les transports à l'intérieur des mines, objets pour lesquels elle est particulièrement appropriée. On songe même à en tirer parti pour l'extraction dans les puits. Nous nous proposons d'étudier les principes qui devront en régir l'emploi lorsqu'il s'agira de s'en servir, non plus pour ces opérations spéciales, mais pour les besoins généraux de l'industrie.

Nous attirerons d'abord l'attention sur un caractère qui est commun à ce mode de transmission et à celui par l'eau en charge : c'est que toutes deux impliquent une transformation transitoire de la puissance mécanique qu'il s'agit d'utiliser. Cette puissance mécanique, une chute d'eau par exemple, se traduit d'abord dans *l'énergie actuelle* (*) ou *force vive* du premier moteur. Tandis que les câbles transmettent cette force vive aux opérateurs définitifs sans en changer la nature, ici elle est transformée par un opérateur intermédiaire (compresseur d'air ou pompe) en *énergie potentielle* ou *travail mécanique disponible* (tension qui est communiquée à l'air, hauteur réelle ou fictive à laquelle on élève de l'eau). Cette énergie est susceptible d'être transmise à grande distance et sans déperdition notable par un intermédiaire (canalisation), qui a l'avantage de pouvoir franchir aisément les accidents du sol et se plier aux exigences des tracés. Arrivée à destination, un second moteur (actionné par l'air comprimé ou par l'eau sous pression) la reconvertit en énergie actuelle et la livre sous cette forme aux opérateurs définitifs. La petite déperdition qui a lieu dans la canalisation provient de ce qu'une por-

(*) Dans cette terminologie introduite dans la mécanique par M. Rankine, *énergie* signifie *capacité pour accomplir du travail*. L'*énergie potentielle* est le produit d'une force par le chemin qu'elle est capable de faire parcourir à son point d'application. L'*énergie actuelle* ou *énergie d'un corps en mouvement*, est le travail résistant que ce corps est capable de surmonter en vertu de sa vitesse, jusqu'à ce que celle-ci soit annulée par la résistance.

tion de l'énergie potentielle est transformée en énergie actuelle, pour une petite part sous la forme ordinaire de force vive (vitesse avec laquelle le fluide circule dans la canalisation), pour la plus grande part sous la forme spéciale de chaleur, laquelle se dissipe finalement dans le milieu ambiant.

Le rendement de ce genre de transmission est le produit de trois rendements partiels : celui de l'opérateur intermédiaire, celui de la canalisation et celui du second moteur. Celui du premier moteur est hors de cause.

2. La compression de l'air s'opère dans des machines à piston, que nous supposerons actionnées, au moyen d'une manivelle et d'une bielle, par un arbre auquel le premier moteur imprime un mouvement de rotation. Dans les machines soufflantes ordinaires, par exemple dans celles des hauts fourneaux, qui ne produisent pas des pressions absolues de plus de $1\frac{1}{4}$ atmosphère, la distribution, c'est-à-dire la mise en commucation de chaque face du piston, tantôt avec l'air extérieur, tantôt avec la capacité qui reçoit l'air comprimé, se fait, soit comme dans les pompes à eau, au moyen de soupapes obéissant d'elles-mêmes aux différences de pression, soit par un tiroir analogue à celui des machines à vapeur. Dans les compresseurs destinés à donner de plus fortes tensions, l'emploi des soupapes est exclusivement adopté.

La condition essentielle qu'un compresseur doit remplir est de maintenir la température de l'air autant que possible constante pendant la compression.

Soit un certain poids d'air occupant à la température t_0 et à la pression atmosphérique p_0 un volume v_0 (*). Le tra-

(*) Pour éviter toute confusion, v sera le volume d'une quantité d'air quelconque, $[v]$ celui du kilogramme d'air, V le volume engendré par le piston dans un appareil (compresseur ou récepteur), enfin U le volume rapporté à la seconde de temps. Des indices caractériseront les circonstances dans lesquelles un volume quelconque sera envisagé.

vail nécessaire pour le comprimer à la pression p_1, en lui conservant la température initiale t_0 est

$$T = p_0 v_0 \, l . \frac{p_1}{p_0}. \qquad (1)$$

Si on le comprime sans addition ni soustraction de chaleur dans une enveloppe imperméable à la chaleur, le travail nécessaire est

$$T' = p_0 v_0 \left[\left(\frac{p_1}{p_0} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right], \qquad (2)$$

k étant le rapport de la chaleur spécifique de l'air à pression constante à celle sous volume constant. T' est, il est vrai, $<$ T. Mais pendant que la compression s'opère selon le second mode, l'air s'échauffe et acquiert une température t_1 déterminée par la relation

$$\frac{a + t_1}{a + t_0} = \left(\frac{p_1}{p_0} \right)^{\frac{k-1}{k}}, \qquad (3)$$

$a = 273$ étant l'inverse du coefficient de dilatation de l'air. Il en résulte que la pression finale p_1 ne pourrait être utilisée que dans des conditions purement fictives et irréalisables. Le produit de la compression ne tardera pas à reprendre la température ambiante t_0, et sa pression baissera jusqu'à

$$p' = p_1 \frac{a + t_0}{a + t_1}.$$

La pression p' seule est utilisable, la différence $p_1 - p'$ correspond à une perte de travail supérieure à T — T'.

Assurément un corps de pompe métallique n'est pas assimilable à une enveloppe imperméable à la chaleur, et les échauffements que la théorie indique pour ce cas idéal ne

pourraient s'y produire ; néanmoins ils seraient suffisants pour donner lieu à des pertes de travail importantes.

En outre, l'élévation de température de l'air est nuisible au jeu de l'appareil ; elle met en jeu la nature oxydante de l'air et par là détériore les garnitures et la graisse destinée à les lubréfier ; à un certain degré, elle serait incompatible avec la conservation de l'appareil lui-même. Le fonctionnement d'un compresseur destiné à fournir dans de telles conditions de l'air à une pression élevée serait matériellement impossible.

La compression de l'air à température aussi constante que possible est donc nécessaire pour remplir deux buts essentiels : la disponibilité du travail emmagasiné dans l'air et le bon fonctionnement de l'appareil. Pour l'opérer, il faut faire intervenir l'action réfrigérante de l'eau, afin que celle-ci absorbe une quantité de chaleur équivalente au travail de la compression. Il est clair qu'à parler strictement, un volume infini d'eau serait nécessaire pour réduire l'élévation de température produite par une quantité finie de chaleur à être zéro. Mais la chaleur spécifique de l'eau est si grande par rapport à celle de l'air que, dans la pratique, on peut, avec un volume d'eau très-limité, diminuer assez l'élévation de température pour que ses inconvénients soient supprimés et que la formule (1) puisse être admise pour le calcul du travail théoriquement nécessaire.

3. Le compresseur dit *de Seraing*, ou *à piston d'eau*, comprime l'air par l'intermédiaire d'une masse d'eau, au milieu de laquelle le piston est emprisonné, et qui, le suivant dans son mouvement de va-et-vient, s'interpose toujours entre lui et l'air. La description s'en trouve dans toutes les publications concernant l'exécution du tunnel du mont Cenis. Il a, en effet, été adopté définitivement pour ce travail, et a rendu et rend encore de grands services pour la perforation des galeries de mines. Au point de vue de la réfrigération,

cet appareil remplit bien son but; mais il emploie pour produire ce résultat une masse d'eau beaucoup trop grande dont la présence a l'inconvénient d'absorber du travail en pure perte. Si cette masse, que nous nommerons m, était animée d'un mouvement de rotation continu avec une vitesse u, la dépense de la force vive $\frac{1}{2}mu^2$ ne se présenterait que lorsque la machine devrait être remise en marche après un arrêt. Mais l'eau participant au mouvement alternatif du piston, il faut à chaque course simple fournir à nouveau, aux dépens du travail moteur, la force vive $\frac{1}{2}mu^2$ dans l'expression de laquelle u est la vitesse maximum du piston.

Soit U_0 le nombre de mètres cubes d'air à p_0 que l'on doit comprimer par seconde au moyen d'un appareil dont la manivelle motrice fait n tours par minute. Le volume d'eau peut être considéré comme proportionnel à celui que le piston décrit et qui est $\frac{U_0}{2n}$; on pourra le représenter par $\alpha\frac{U_0}{2n}$, par conséquent on aura $m = \frac{1000}{g}\alpha\frac{U_0}{2n}$. Quant à la vitesse maximum, elle est égale à la vitesse censée uniforme du bouton de manivelle, savoir $\frac{2\varpi R n}{60}$, R étant la longueur utile de la manivelle ou la demi-course du piston. Comme nous voulons comparer entre eux des appareils de même forme, nous pouvons admettre un rapport déterminé entre le diamètre et la course et par conséquent poser :

$$\frac{U_0}{2n} = \frac{R^3}{\beta^3}, \quad \text{d'où} \quad R = \beta\left(\frac{U_0}{2n}\right)^{\frac{1}{3}}.$$

Par conséquent $$u = \frac{2\varpi n}{60}\beta\left(\frac{U_0}{2n}\right)^{\frac{1}{3}},$$

et $$\frac{1}{2}mu^2 = \frac{1}{2}\cdot\frac{1000}{g}\alpha\frac{U_0}{2n}\cdot\frac{4\varpi^2 n^2}{3600}\cdot\beta^2\left(\frac{U_0}{2n}\right)^{\frac{2}{3}} = 0{,}1761\,\alpha\beta^2 . U_0^{\frac{5}{3}} n^{\frac{1}{3}}.$$

Comme cette perte $\frac{1}{2} mu^2$ se répète $\frac{2n}{60}$ fois par seconde, on aura pour la perte par seconde

$$\frac{2n}{60} \cdot 0{,}1761 \cdot \alpha\beta^2 \cdot U_0 n^{\frac{1}{3}} = 0{,}00587 \cdot \alpha\beta^2 \cdot U_0^{\frac{5}{3}} n^{\frac{4}{3}}.$$

Ainsi pour une même production d'air comprimé, la perte de travail provenant de la force vive que l'eau absorbe croît, toutes choses égales d'ailleurs, avec la vitesse et même plus rapidement que celle-ci, puisque n est affecté de l'exposant $\frac{4}{3}$. Aussi ce genre de compresseur ne peut fonctionner que lentement. La vitesse des grands appareils du mont Cenis était limitée à huit ou dix tours par minute, celle des appareils moindres usités pour les galeries de mine à quinze ou dix-huit tours. On est donc obligé de donner à ce compresseur de grandes dimensions relativement à sa production; cela le rend dispendieux et encombrant.

Le fait que U_0 figure avec l'exposant $\frac{5}{3}$ dans l'expression de la perte de travail montre que, à égalité de vitesse, il y a avantage, au point de vue qui nous occupe, à répartir une production donnée entre plusieurs appareils plutôt que de la concentrer en un seul.

4. On a cherché à éviter ce défaut capital des compresseurs à piston d'eau en faisant agir l'eau de réfrigération avec plus d'efficacité; on a imaginé deux méthodes distinctes qui peuvent être appliquées toutes deux à la fois.

L'une consiste à faire circuler l'eau avec une certaine vitesse, mais en lame peu épaisse, dans une capacité séparée de l'air que l'on comprime par des parois conductrices. A cet effet la tige du piston est creuse et traverse les deux fonds du cylindre. En vertu du mouvement alternatif de la tige, l'eau est aspirée à l'intérieur d'un tuyau qui règne longitudinalement au dedans de celle-ci, et est forcée, d'abord de suivre l'intérieur de ce tuyau, puis de revenir par l'espace annulaire compris entre le tuyau et la paroi

interne de la tige, et enfin de ressortir ; un diaphragme qui bouche cet espace l'oblige en outre, pendant ce trajet de retour, à circuler dans des cavités ménagées à l'intérieur du piston. De plus, une seconde enveloppe est établie autour du cylindre et l'on y fait également circuler un courant d'eau (*).

L'autre méthode consiste à injecter de l'eau dans la capacité même du cylindre. Elle exige beaucoup moins d'eau que la précédente et a l'avantage incontestable de lui faire jouer le rôle de lubréfiant et de faciliter ainsi le mouvement du piston ; le graissage de celui-ci peut même être supprimé. L'eau d'injection doit naturellement arriver sous une pression supérieure à celle que l'on veut donner à l'air : elle exige donc habituellement l'emploi d'une pompe auxiliaire. En outre elle doit être parfaitement filtrée.

Ces deux méthodes se trouvent réunies dans les compresseurs qui ont été établis récemment pour fournir l'air comprimé destiné au percement du tunnel du Saint-Gothard (**). Il y a seulement une différence à signaler entre les compresseurs fonctionnant à la tête sud du tunnel et ceux fonctionnant à la tête nord, qui proviennent de con-

(*) La Pl. 31 du *Cours de machines*, de M. J. Callon, contient le dessin d'un compresseur de ce genre, destiné à comprimer du gaz d'éclairage afin de le rendre portatif. Pour ce but-là, l'injection d'eau n'est pas admissible, mais la compression condense à l'état liquide certains éléments du gaz qui jouent alors le rôle de lubréfiant.

Les modes de réfrigération par circulation et par injection ont été proposés par M. Colladon, ancien professeur de mécanique à l'Académie de Genève.

(**) Voici le n° 5 des *Rapports trimestriels adressés par le Conseil fédéral suisse aux gouvernements des États qui participent à la subvention de la ligne du Saint-Gothard*. Ces rapports, rédigés sous la direction de M. l'ingénieur Koller, inspecteur fédéral du Saint-Gothard, renferment souvent des documents d'un haut intérêt.

Des extraits de ces rapports, et des planches qui les accompagnent, sont publiés en ce moment par les *Annales industrielles*.

structeurs différents (*). Dans les premiers, l'introduction de l'eau de circulation et celle de l'eau d'injection sont entièrement distinctes; l'injection se fait par les deux fonds du cylindre sous forme d'eau pulvérisée, à laquelle des robinets donnent accès. Dans les seconds l'eau de circulation entre dans la tige du piston avec une pression suffisante pour que, dans son trajet par la cavité ménagée dans le corps du piston, une partie en ressorte par une ouverture située au haut de celui-ci : en sortant elle se répand dans une rainure annulaire régnant autour du piston, lequel en se mouvant l'étale sur la surface interne du cylindre.

Les moteurs hydrauliques du Saint-Gothard sont mis en mouvement par des colonnes d'eau dont la hauteur représente une pression supérieure à celle de l'air comprimé. Aussi fournissent-elles directement l'eau d'injection moyennant passage par un filtre.

Une conséquence immédiate de l'emploi de l'injection est la nécessité de recueillir l'eau qui y a servi. Le cylindre ne peut être qu'horizontal, et les soupapes de refoulement ont la position la plus basse que possible, afin de donner passage à cette eau. A partir des soupapes la conduite de refoulement présente une pente continue jusqu'à un premier réservoir destiné à la recevoir. Un flotteur commande un robinet d'évacuation placé au fond et par là empêche l'eau de dépasser un certain niveau. Du haut de ce réservoir part la conduite d'air qui aboutit d'abord au réservoir proprement dit situé tout près.

Les compresseurs du Saint-Gothard marchent à raison de 80 à 85 tours par minute. Indépendamment des motifs

(*) Ces constructeurs sont : pour la tête nord (Göschenen), MM. Benjamin Roy et Cie, à Vevey (canton de Vaud), inventeurs de la disposition spéciale du piston indiquée quelques lignes plus loin ; pour la tête sud (Airolo), la Société des instruments de physique, à Genève.

généraux relatifs aux emplacements occupés et à la dépense en ce qui concerne les compresseurs eux-mêmes, il y avait un motif spécial pour que la réalisation d'une grande vitesse fût désirable : c'est que les moteurs hydrauliques étant actionnés, comme on vient de le voir, par de très-fortes chutes, étaient destinés à marcher eux-mêmes très-rapidement, et qu'il y avait tout intérêt à éviter une réduction de vitesse puisque les engrenages qu'elle eût nécessités auraient absorbé du travail en pure perte. Ces engrenages auraient été à leur tour une cause de dépense et d'encombrement.

Les types dont la description sommaire vient d'être donnée sont à recommander pour une transmission affectée à des usages industriels généraux, quand même la pression requise pourra être, comme on le verra, très-inférieure à celle de 8 atmosphères absolues qui est produite au Saint-Gothard.

5. Le travail théoriquement requis par un compresseur fonctionnant à température constante est, comme on le sait, par coup de piston : $p_0 V_0 l \frac{p_1}{p_0}$, p_0 étant la pression atmosphérique, p_1 la pression à obtenir, V_0 le volume décrit par le piston. Ce travail, qui est représenté par le diagramme *fig.* 2, Pl. VI (dans lequel $\overline{OA} = p_0$, $\overline{BE} = p_1$ $\overline{OD} = V_0$, $\overline{ED} = V_1$), se décompose en deux parties dont la distinction peut être utile :

a) Travail de compression, représenté par aire ABG = aire OABE — aire OAGE, et ayant pour valeur

$$p_0 V_0 l . \frac{p_1}{p_0} - p_0 (V_0 - V_1),$$

V_1 étant le volume du gaz réduit à p_1, ou bien

$$p_0 V_0 \left[l . \frac{p_1}{p_0} - \left(1 - \frac{p_0}{p_1}\right) \right]. \qquad (4)$$

b) Travail de refoulement, représenté par aire GBCF = aire EBCD — aire EGFD, et ayant pour valeur

$$(p_1 - p_0)V_1 = p_0V_0\left(1 - \frac{p_0}{p_1}\right). \qquad (5)$$

La détermination du rendement d'un compresseur nécessite les deux évaluations suivantes :

La première a pour objet de connaître le volume par seconde U_1 et la pression p_1 de l'air comprimé qu'il peut fournir. L'air produit sera conduit dans un réservoir un peu vaste et on l'en fera écouler par un orifice dont le coefficient de dépense sera préalablement connu. En faisant varier la vitesse de marche on arrivera par tâtonnement à un état d'équilibre dans lequel le réservoir recevra exactement autant d'air qu'il en cédera et qui sera caractérisé par l'état stationnaire du manomètre. La lecture du manomètre donnera p_1. La connaissance de p_1, de p_0, de l'aire de l'orifice et du coefficient permettra de calculer U_1. Généralement le rendement se rapporte à un certain chiffre de pression que l'on a en vue ; il faut alors s'arranger, en faisant varier à la fois la vitesse et l'aire de l'orifice, de manière à ce que le manomètre indique une pression aussi rapprochée que possible de ce chiffre.

La seconde évaluation est celle de la quantité de travail net qui est appliquée à l'arbre commandant le compresseur quand cet arbre marche avec une vitesse identiquement égale à celle de l'expérience précédente.

Le rendement est le quotient obtenu en divisant la quantité $p_1U_1l.\frac{p_1}{p_0}$ par le résultat de la seconde évaluation. Il est à remarquer que dans le calcnl de la quantité $p_1U_1l.\frac{p_1}{p_0}$, on ne peut admettre pour p_1 la lecture du manomètre que si le réservoir accuse une température identique à celle t_0

de l'air aspiré. Si elle est $t_1 > t_0$, il faut admettre pour p_1 le produit de la lecture par $\frac{a+t_0}{a+t_1}$.

Le rendement, tel qu'il vient d'être défini, est le seul qui représente l'influence de toutes les pertes de travail, le seul par conséquent qui ait une signification industrielle.

On donne quelquefois, comme expression du rendement, le rapport entre le nombre de coups de piston indiqué par le calcul pour faire passer de p_0 à p_1 l'air contenu dans une capacité connue, et le nombre de coups effectivement nécessaire pour produire ce résultat. Ce mode d'évaluation est doublement vicieux. En premier lieu, il élimine complétement les pertes de travail dues aux frottements, vibrations, chocs, etc., par exemple celles qui dans l'appareil de Seraing (*) résultent du mouvement alternatif de l'eau. En second lieu le rendement, en tant qu'il est affecté par les pertes de travail dont ce mode tient compte, n'est point indépendant de la pression à laquelle on comprime, car ces pertes augmentent avec elle; le chiffre obtenu ne se rapporte donc pas à p_1, mais à une moyenne entre les pressions croissantes, de p_0 à p_1, par lesquelles l'air passe. On ne peut donc obtenir de cette manière qu'un chiffre illusoire et nécessairement supérieur à la réalité.

6. Une circonstance dont il importe d'apprécier l'influence sur le rendement, c'est l'espace mort, c'est-à-dire l'excédant de la capacité qui se remplit d'air pendant l'aspiration sur le volume décrit par le piston. Si celui-ci est V_0, le volume aspiré sera $V'_0 = V_0 (1 + \varepsilon)$, $V_0\varepsilon$ étant l'espace mort. Quand la période de compression se termine, le volume que le piston a à parcourir pendant le refoulement, c'est-à-dire le volume refoulé, est V'_1, et l'air com-

(*) Aussi le rendement de 78 à 80 p. 100, admis pour le compresseur à piston d'eau d'après cette base-là, est certainement exagéré.

primé occupe l'espace $V'_1 = V_1 + V_0\varepsilon$. La compression étant censée s'opérer à température constante, la loi de Mariotte donne, non pas $p_1V_1 = p_0V_0$, mais $p_1V'_1 = p_0V'_0$, c'est-à-dire

$$p_1(V_1 + V_0\varepsilon) = p_0V_0(1 + \varepsilon),$$

d'où
$$V_1 = \frac{p_0}{p_1}V_0 - V_0\varepsilon\frac{p_1 - p_0}{p_1}. \qquad (6)$$

Il résulte donc de la présence de l'espace mort que le volume d'air comprimé obtenu est inférieur au volume théorique $\frac{p_0}{p_1}V_0$ d'une quantité qui croît avec le degré de compression $\frac{p_1}{p_0}$. Ainsi la productivité absolue de l'appareil est par là diminuée; elle serait même réduite à zéro si l'on avait $\varepsilon = \frac{p_0}{p_1 - p_0}$.

Le travail utile correspondant à une course du piston n'est donc pas indifféremment $p_0V_0 l.\frac{p_1}{p_0}$ ou $p_1V_1 l.\frac{p_1}{p_0}$, comme s'il n'y avait pas d'espace mort, mais la seconde de ces expressions, en spécifiant que V_1 est le volume décrit par le piston dans la période de refoulement.

L'existence d'espaces morts n'est pas une cause directe de perte de travail. En effet, le travail dépensé pour comprimer l'air qui s'accumule dans l'espace mort sans être refoulé, se trouve récupéré (si le compresseur ne perd pas) comme travail moteur, par la détente de cet air, lorsque le piston commence sa marche rétrograde. La restitution doit être envisagée comme complète, car la même eau qui agit comme réfrigérant à l'égard de la compression agit aussi comme réchauffant à l'égard de la détente.

Malgré cette absence de perte de travail, l'espace mort amène indirectement une perte de rendement par suite de l'intervention d'une autre perte de travail inévitable : celle

qui provient du frottement des organes de l'appareil. En effet, si l'on suppose pour simplifier que celle-ci existe seule, le rendement d'un coup de piston sera une fraction ayant pour numérateur $p_1 V_1 l . \frac{p_1}{p_0}$ et pour dénominateur cette même quantité augmentée de la perte de travail sus-indiquée. Si l'on imagine que dans un compresseur pour lequel V_0 est donné, l'espace nuisible soit de plus en plus grand, V_1 ira en diminuant; et il en sera de même du rendement, car son dénominateur décroîtra proportionnellement moins vite que son numérateur, étant égal à celui-ci plus un terme constant.

Une autre cause qui diminue aussi le rendement, et à laquelle les constructeurs doivent avoir égard, est l'excès de raideur dans les ressorts qui maintiennent les soupapes appliquées contre leurs siéges. Cet excès de raideur les empêche d'obéir à des différences de pression suffisamment petites.

7. Les forces qu'on peut être appelé à transmettre au loin étant le plus généralement des forces hydrauliques, le compresseur à choc qui a fonctionné durant les premiers temps du percement du mont Cenis, et dont la description se trouve dans toutes les publications relatives à ce travail (*), semblerait devoir mériter ici une mention spéciale puisqu'il comprime l'air par l'action directe de l'eau sans interposition d'un récepteur et d'un opérateur distincts. Mais malgré sa simplicité, ce compresseur présente des inconvénients qui en ont fait rejeter l'emploi. Le plus grave est qu'il a besoin d'une chute d'eau dont la hauteur soit dans un rapport déterminé avec la pression à obtenir. En outre le rendement en est faible et le jeu des soupapes est sujet

(*) Au sujet de la théorie du compresseur à choc, voir le mémoire de *M. Paul de Saint-Robert* dans les *Annales des mines*, 1863.

à de fréquents dérangements. Peut être pourrait-il être perfectionné sous ce dernier rapport et être rendu capable de marcher avec autant de sécurité que le bélier hydraulique avec lequel il offre une grande analogie. S'il en était ainsi, cet ingénieux appareil pourrait trouver son emploi dans les cas où une chute de hauteur appropriée serait disponible et où l'on n'aurait pas à se préoccuper de la question de rendement.

Le cas peut se présenter où la hauteur de la chute d'eau dont on dispose représenterait précisément la pression à produire, c'est-à-dire serait exprimée par $\frac{p_1 - p_0}{1000}$. La compression pourrait alors être effectuée simplement par l'introduction, dans une capacité close, de l'eau motrice amenée par un tuyau dès le haut de la chute. Mais ce mode ne serait généralement pas avantageux. Soit v_0 le volume de la capacité en question. Le volume d'eau à y introduire pour comprimer l'air jusqu'au volume v_1 est $v_0 - v_1$. Mais ensuite pour chasser cet air comprimé dans les appareils d'utilisation, il faudra lui substituer un égal volume d'eau v_1 représentant le travail de refoulement. La dépense totale sera donc v_0, quelle que soit la pression p_1. Si au contraire l'eau motrice de même provenance opère la compression par l'intermédiaire d'un récepteur hydraulique et d'un compresseur, le travail à effectuer est $p_0 v_0 l. \frac{p_1}{p_0}$, et le volume d'eau théoriquement nécessaire pour l'effectuer est quotient de ce travail par mille fois la hauteur de chute c'est-à-dire par $p_1 - p_0$. C'est donc

$$\frac{p_0 V_0 l. \frac{p_1}{p_0}}{p_1 - p_0} \quad \text{ou} \quad V_0 \frac{l \frac{p_1}{p_0}}{\frac{p_1}{p_0} - 1}.$$

Or le multiplicateur de v_0 dans cette dernière expression,

qu'il s'agit de comparer avec v_0, est une quantité qui est toujours inférieure à 1 et qui diminue quand $\frac{p_1}{p_0}$ augmente. En effet,

pour $\frac{p_1}{p_0} = \begin{cases} 1,5 \\ 2 \\ 2,5 \\ 3 \\ 3,5 \\ 4 \\ 4,5 \\ 5 \end{cases}$

on a $\dfrac{l.\frac{p_1}{p_0}}{\frac{p_1}{p_0} - 1} = \begin{cases} 0,81094 \\ 0,69315 \\ 0,61086 \\ 0,54930 \\ 0,50110 \\ 0,46209 \\ 0,42974 \\ 0,40236 \end{cases}$

Ainsi, à n'envisager que les volumes théoriques, la compression directe exige plus d'eau que la compression mécanique, et l'écart augmente avec le degré de compression. Il est vrai que le rendement combiné du récepteur hydraulique et du compresseur est, selon toute probabilité, inférieur à celui de la compression directe; néanmoins les chiffres ci-dessus montrent que c'est seulement jusqu'à 2 1/2 atmosphères au plus que cette dernière méthode pourrait mériter la préférence ou même seulement soutenir la comparaison.

8. Au sortir des compresseurs, l'air doit se rendre dans un réservoir dont la destination est de maintenir la pression aussi régulière que possible malgré les variations de la production et de la dépense.

Soit U_1 la production des compresseurs par seconde. Si l'on veut faire du réservoir un magasin d'air ou accumula-

teur, c'est-à-dire trouver par son emploi la faculté de suspendre les compresseurs pendant θ secondes tout en subvenant pendant ce temps à une dépense de U_1 mètres cubes par seconde, et sans que la pression p_1 s'abaisse d'une proportion supérieure à $\frac{1}{i}$, la capacité du réservoir devra être $U_1\theta i$. On arrivera par là à des capacités énormes et tout à fait inadmissibles dans la pratique. Tout au plus pourra-t-on, en admettant que la besogne de la compression soit répartie entre plusieurs appareils, parer par l'emploi d'un réservoir au chômage temporaire d'une partie des compresseurs. Il est bien évident qu'à cet égard il n'y a rien de général à dire.

Si l'on se propose simplement de compenser les irrégularités de la production et de la dépense telles qu'elles résultent du jeu normal des appareils et sans supposer de chômage, il est facile de fixer pour le réservoir une capacité qu'on ne sera jamais appelé à dépasser.

Supposons que la production totale incombe à un compresseur unique et soit utilisée dans un moteur unique, qui marche avec le même nombre de tours que le compresseur, et qui, par conséquent (en négligeant les pertes), ait une capacité identique V_0. Le réservoir ne sera alimenté que durant la période de refoulement du compresseur, et ne cédera de l'air que durant la période d'admission du moteur. La condition la plus défavorable pour la régularité de la pression dans le réservoir sera la coïncidence de la compression et du refoulement d'une part avec l'admission et la détente d'autre part; car alors il passe alternativement par une période où il reçoit de l'air sans en livrer et par une période où il en cède sans en recevoir (séparées par une période intermédiaire où il ne reçoit ni ne perd ou bien où il perd autant qu'il reçoit). C'est donc pour cette condition que la capacité A doit être calculée.

Soit Q le poids d'air contenu dans le réservoir à la tem-

pérature t_0 (censée constante) et à la pression normale p_1. On a

$$p_1 A = QR(a+t_0),$$

R étant la constante spécifique de l'air. Soit Q' le poids d'air à p_1 qui correspond à une cylindrée soit du compresseur, soit du moteur. La pression $p'>p_1$ qui s'établit dans le réservoir à la suite du refoulement, et la pression $p''<p_1$ qui s'y établit à la suite de l'admission, sont déterminées par

$$p'A = (Q+Q')R(a+t_0), \qquad p''A = (Q-Q')R(a+t_0),$$

d'où $(p'-p_1)A = Q'R(a+t_0), \qquad (p_1-p'')A = Q'R(a+t_0);$

Mais Q' correspond au volume V_1, par conséquent

$$Q' = \frac{p_1 V_1}{R(a+t_0)}.$$

Donc $\quad (p'-p_1)A = p_1 V_1, \qquad (p_1-p'')A = p_1 V_1.$

On tire de là $\quad \frac{p'}{p_1} = 1 + \frac{V_1}{A}, \qquad \frac{p''}{p_1} = 1 - \frac{V_1}{A},$

et par suite : $\quad \frac{p'-p''}{p_1} = 2\frac{V_1}{A}.$

Par conséquent, si l'on veut que les variations relatives de la pression $\frac{p''-p'}{p_1}$ ne dépassent pas la fraction $\frac{1}{i}$, on devra adopter pour capacité du réservoir

$$A = 2iV_1 = 2iV_0 \frac{p_0}{p_1}. \qquad (7)$$

Or les conditions réelles où l'on se trouvera seront toujours plus favorables à la régularité que celles qui ont été supposées. Il conviendra de répartir la production, en n'admettant même qu'un seul premier moteur, sur au moins

deux compresseurs dont les périodes soient non concordantes, mais au contraire alternantes. La dépense sera répartie sur un nombre encore plus grand de récepteurs indépendants, et aucun synchronisme quelconque n'existera ni entre les différents récepteurs, ni entre ceux-ci et les compresseurs. Si donc on adopte pour la capacité du réservoir la valeur (7), en spécifiant que V_0 désigne la capacité *d'un compresseur isolé*, on sera certain de ne pas rester au-dessous de ce qui est nécessaire.

9. En circulant dans la canalisation, censée horizontale, qui l'amène du lieu de production aux lieux d'emploi, l'air comprimé éprouve par le fait du frottement une diminution de pression appelée *perte de charge*. En même temps que la pression s'abaisse de p_1 à p_2, le volume d'une masse déterminée d'air se détend de v_1 à v_2, en sorte que, en supposant le diamètre de la conduite constant, la vitesse éprouve le long du parcours une certaine augmentation.

Le travail emmagasiné dans cette masse d'air n'est plus $p_1v_1 l . \frac{p_1}{p_0}$, mais $p_2v_2 l . \frac{p_2}{p_0}$; on sait que $p_2v_2 = p_1v_1$, s'il n'y a pas de changement de température entre les deux extrémités du parcours, en sorte que le travail disponible éprouve par le fait du frottement une diminution $p_1v_1\left[l . \frac{p_1}{p_0} - l . \frac{p_2}{p_0}\right]$ $= p_1v_1 \, l . \frac{p_1}{p_2}$. Cette perte n'a pas d'importance toutes les fois qu'on est dans l'impossibilité d'utiliser en entier le travail disponible, et nous verrons dans quels cas cela se présente. Néanmoins la conduite doit être calculée de manière à ce que cette perte ne soit pas trop grande, et de manière à maintenir dans de certaines limites les variations que la pression de sortie p_2 éprouve par suite des variations de débit tenant un nombre plus ou moins grand des récepteurs en marche en un instant donné.

Les variations de pression d'un gaz peuvent se calculer

avec une approximation suffisante pour la pratique du moment qu'il est admis qu'elles sont relativement très-petites.

L'équation différentielle qui représente le mouvement permanent d'une molécule de gaz se transportant de M dans la section AB d'une conduite quelconque en M' dans la section A'B' infiniment voisine (*fig.* 3), peut s'appliquer par extension au mouvement de toutes les molécules situées dans une même section (*). Son intégrale, relative à une translation finie de l'ensemble de ces molécules, est

$$z - R(a+t)\,l.p - \frac{u^2}{2g} = \text{constante}, \qquad (8)$$

z étant la distance du centre de gravité d'une section *au-dessous* d'un plan horizontal de comparaison, t la température du gaz supposée invariable, et u la vitesse moyenne avec laquelle les molécules traversent la section. Cette intégrale ne tient pas compte du frottement, mais on introduira celui-ci dans l'usage qui va en être fait. Nous envisagerons un réservoir contenant le gaz et une conduite de profil quelconque, mais de diamètre constant D, qui en part (*fig.* 4), et nous appliquerons l'intégrale à deux parcours successifs, d'abord au parcours entre une section A_1B_1 (caractérisée par l'indice 1), faite horizontalement dans l'intérieur du réservoir, et où la vitesse est censée négligeable, et une section A'B' (caractérisée par l'accent ') normale à la conduite, et correspondant à l'épanouissement de la veine d'abord contractée, ensuite au parcours entre la section A'B' et une section normale quelconque AB (caractérisée par l'absence d'indice et d'accent). Pour le premier parcours le frottement est négligeable, mais il y a à tenir compte

(*) Voir le *Cours d'hydraulique* de M. Bresse, chapitres I et V.

de la perte de charge due à l'épanouissement de la veine (*); on aura donc

$$z_1 - R(a+t)\,l.p_1 = z' - R(a+t)\,l.p' - \frac{u'^2}{2g} - \frac{u'^2}{2g}\left(\frac{1}{\varphi} - 1\right)^2 =$$

$$= z' - R(a+t)\,l.p' - \frac{u'^2}{2g\mu^2},$$

φ étant le coefficient de contraction, et μ^2 l'inverse de la quantité $1 + \left(\frac{1}{\varphi} - 1\right)^2$.

Pour le second parcours il faut tenir compte du frottement, et l'on aura, en appelant L la longueur de conduite de A'B' à AB, et D son diamètre constant :

$$z' - R(a+t)\,l.p' - \frac{u'^2}{2g} = z - R(a+t)\,l.p - \frac{u^2}{2g} - \frac{4}{D} f(u) L.$$

Le terme $\frac{4}{D} f(u) L$ résulte de l'intégration de l'expression $\frac{4}{D} f(u)\, dL$ dans laquelle u, qui est au fond une fonction de L, puisque la vitesse est variable avec p, a été censé recevoir une valeur fixe pour rendre l'intégration possible. Cela est permis en raison de la petitesse présumée des variations de p. En éliminant z' et p', il viendra

$$z - z_1 - R(a+t)\,l.\frac{p}{p_1} - \frac{4}{D} f(u) L - \frac{u^2}{2g} + \frac{u'^2}{2g} - \frac{u'^2}{2g\mu^2} = 0.$$

La raison qui vient d'être rappelée permettra ici d'importantes simplifications. D'abord on pourra négliger la diffé-

(*) La complication due à cette perte de charge disparaîtrait si l'on supposait que la conduite s'embranche sur le réservoir par un raccordement conique, de forme semblable à celui de la veine contractée, et ayant la section de la conduite pour petite base.

rence entre u et u', en sorte que les trois derniers termes pourront se réduire à $-\frac{u^2}{2g\mu^2}$. De plus, comme $\frac{p}{p_1}$ peut s'écrire $1-\frac{p_1-p}{p_1}$, on pourra avec une approximation suffisante remplacer $l.\frac{p_1}{p}$ par $-\frac{p_1-p}{p_1}$. Quant à la différence de niveau $z-z_1=h$, nous ferons disparaître l'arbitraire qui semble régner à son sujet en raison des dimensions verticales du réservoir, en faisant observer qu'elles n'influent en rien sur la pression du gaz qui y est contenu et qu'il a partout la même pression que s'il était étalé en nappe horizontale à la hauteur de l'orifice : h sera donc compté à partir du centre C de celui-ci. Moyennant ces simplifications, nous aurons

$$\mathrm{R}(a+t)\frac{p-p_1}{p_1}=h-\frac{u^2}{2g\mu^2}-\frac{4}{\mathrm{D}}f(u)\,l. \qquad (9)$$

Le plus simple est d'attribuer à u dans $f(u)$ non la valeur moyenne dans le parcours, mais la valeur extrême, correspondant à la section AB.

Comme on a

$$p_1[v_1]=\mathrm{R}(a+t), \qquad \text{d'où} \qquad p_1=\frac{1}{[v_1]}\mathrm{R}(a+t),$$

et que $\frac{1}{[v_1]}$ est le poids spécifique $\rho_1 g$ du gaz à p_1 (ρ_1 = masse spécifique à p_1), on voit que $\frac{\mathrm{R}(a+t)}{p_1}=\frac{1}{\rho_1 g}$. Le premier membre de (9) pourra donc s'écrire $\frac{p}{\rho_1 g}-\frac{p_1}{\rho_1 g}$, en sorte que l'équation (9) se trouve identique à celle qui concerne les liquides, et qui est exacte pour ceux-ci au lieu d'être comme ici une simple approximation.

10. Pour la fonction $f(u)$ on peut adopter ou la forme binôme $au+bu^2$ ou la forme monôme $b'u^2$. Les coefficients

a et b, ou b', ne sont pas constants, mais ils diminuent à mesure que le diamètre est plus grand. En outre la rugosité plus ou moins grande des parois des tuyaux exerce sur leurs valeurs une influence considérable : ainsi, tandis que le sable de moulage souvent incrusté dans ces parois les augmente, le goudronnage les diminue. L'incertitude dans laquelle on est toujours à cet égard est si grande que l'on peut, sans aggraver l'erreur qui en résulte, admettre la forme monôme qui est infiniment plus commode pour le calcul, lors même que la forme binôme paraît traduire plus fidèlement pour un tuyau donné les résultats de l'expérience (*). Nous écrirons donc

$$R(a+t)\frac{p-p_1}{p_1} = h - u^2\left(\frac{1}{2g\mu^2} + \frac{4}{D}Lb'\right). \quad (10)$$

(*) C'est en effet par la formule binôme que M. Arson, l'auteur des expériences les plus récentes sur ce sujet (*Mémoires de la Société des ingénieurs civils de France*, 1867), représente la perte de charge. D'après les résultats qu'il a obtenus, les coefficients a et b vont en diminuant à mesure que le diamètre augmente. C'est le coefficient a qui diminue le plus rapidement. Il s'annulle même pour les calibres de 0m,50 et au-dessus. Le plus simple est d'employer la formule binôme, en forçant un peu les coefficients b donnés par M. Arson.

D'Aubuisson, dans son *Traité d'hydraulique* (V. p. 536-592 de la 3e édition), donne pour la perte de charge une formule assez complexe où figure une constante expérimentale dont la valeur numérique 0,0238 correspond à $b' = 0{,}000300$ (en admettant 0,95 pour le coefficient de vitesse relatif à une buse conique). Il a déterminé cette constante en prenant la moyenne d'expériences faites sur des tuyaux en fer-blanc de 0m,0235, 0m,05 et 0m,10 de diamètre, et admis qu'elle était exacte pour n'importe quel calibre et n'importe quelle matière. Les expériences ultérieures ont prouvé que cette double généralisation est fautive. Non-seulement les coefficients déterminés par M. Arson pour des conduites en fonte varient en sens inverse du calibre, mais celui de u^2 est > 0,000300 pour les calibres inférieurs à 0m,36. M. Devillez affirme, il est vrai (V. p. 53 et suiv. de l'ouvrage cité), que les pertes de charge observées au mont Cenis confirment les chiffres donnés par d'Aubuisson. Mais outre que son raisonnement n'est pas suffisamment probant, car il s'applique à une conduite trop complexe, on peut faire observer [a]

Pour de grandes longueurs de conduite, la perte de charge due au frottement excède de beaucoup la perte de charge due à la vitesse que prend l'eau à son entrée dans la conduite et à l'épanouissement qui suit la contraction, en sorte qu'on peut écrire simplement :

$$R(a+t)\frac{p-p_1}{p_1} = h - \frac{4}{D} Lb'u^2. \qquad (11)$$

Nous venons de voir que le premier membre de cette équation peut s'écrire $\frac{p}{\rho_1 g} - \frac{p_1}{\rho_1 g}$. $\frac{p_1}{\rho_1 g}$ est la *hauteur piezométrique* correspondant au réservoir : c'est la hauteur à laquelle l'air qui y est contenu, ou plutôt un liquide de densité identique, s'élèverait dans un tube ascendant qui serait branché sur le réservoir et déboucherait dans le vide. $\frac{p}{\rho_1 g}$ est la hauteur piezométrique correspondant à la section AB de la conduite, en admettant que le poids spécifique du gaz n'ait pas changé. On voit que, du réservoir à la section AB, le niveau auquel se termine la hauteur piezométrique s'abaisse d'abord d'une quantité fixe $\frac{u^2}{2g\mu^2}$ que nous négligeons, puis d'une quantité $\frac{4L}{D} b'u^2$ qui est proportionnelle à la longueur de conduite envisagée. Quant à la pression en un point donné, c'est-à-dire à la hauteur piezométrique qui la mesure, on voit aussi qu'elle est plus grande que dans le réservoir, moindre ou identique, suivant que la différence de niveau h est plus grande que la

---

que les tuyaux formant la conduite du mont Cenis étaient probablement fondus avec un soin particulier ; [b] qu'ils avaient des joints à bride, et que pour ces deux raisons ils devaient occasionner des pertes de charge moins fortes que les tuyaux ordinaires du commerce, avec joints à tulipe, tels que M. Arson les a expérimentés.

perte de charge, qu'elle est moindre ou qu'elle la compense exactement (*).

Dans les développements qui précèdent, il a été admis que $f(u)$, c'est-à-dire les coefficients a et b (ou b'), est indépendant de la pression. Cela est vrai pour les liquides comme pour les gaz, mais cela se traduit différemment pour ces deux classes de fluides. Les liquides sont assez voisins de l'incompressibilité absolue pour que leur poids spécifique puisse être regardé comme constant : il s'ensuit que non-seulement la différence $\frac{p}{\rho g} - \frac{p_1}{\rho g}$ est indépendante de la pression puisqu'elle est égale à une expression pareille au second membre de (11) (sauf la valeur de b'), mais que la différence $p - p_1$ l'est également. Dans le cas de l'air comprimé, les différences de hauteurs piezométriques sont encore indépendantes de la pression en vertu de cette même équation (11), mais ces différences sont des colonnes d'un liquide fictif dont le poids spécifique est proportionnel à la pression p_1 donnée à l'air. Aussi, tandis que les variations relatives de pression $\frac{p - p_1}{p_1} = \left(\frac{p}{\rho_1 g} - \frac{p_1}{\rho_1 g}\right) \frac{1}{R(\alpha + t)}$ sont indépendantes de la pression, les variations absolues $p - p_1$ sont proportionnelles à la pression comme cela résulte du reste clairement de (11).

Si l'on a affaire à une conduite uniforme et ne débitant point d'air comprimé en route, c'est-à-dire alimentant des prises toutes concentrées vers son extrémité qui est fermée, on aura seulement à envisager l'équation (11) en donnant pour valeur à L la longueur totale de la conduite. Mais la

(*) Pour les gaz plus légers que l'air, la gravité agit de bas en haut, et le second membre s'écrira : $-h - \frac{4}{D} Lb'u^2$. Alors c'est pour les valeurs négatives de h seulement, c'est-à-dire quand la conduite s'élève depuis le réservoir, qu'il peut y avoir accroissement de pression.

plupart du temps on aura à s'occuper d'une conduite complexe subdivisée en tronçons caractérisés soit par des différences de diamètre, soit par des différences de débit occasionnées par des prises faites en route, soit par l'un et l'autre à la fois, et présentant en outre des embranchements. On aura alors à appliquer l'intégrale générale (8) à chaque tronçon et à chaque embranchement. En faisant les mêmes raisonnements et admettant les mêmes simplifications, avec cette différence qu'au lieu de $\frac{u^2}{2\mu^2 g}$ on aura $\frac{u'^2 - u^2}{2g}$ qui sera également négligeable, on aura chaque fois une intégrale particulière identique à (11), sauf pour la valeur de L, et dans laquelle p_1 sera la pression d'amont, p celle d'aval, le gaz étant censé conserver tout le long du tronçon ou de l'embranchement le poids spécifique $\rho_1 g = \frac{p_1}{R(a+t)}$ qui correspond à la pression d'amont p_1, et qu'il avait en y entrant.

Mais quelle que soit l'application qu'on fasse de l'équation (11), la vitesse u n'a généralement pas à intervenir comme donnée ni comme inconnue; la quantité utile à considérer, c'est le volume U passant par seconde dans la section extrême de la longueur, totale ou partielle, de conduite que l'on considère. Or on a

$$U = \frac{\varpi D^2}{4} u, \quad \text{d'où} \quad u = \frac{4}{\varpi D^2} U,$$

et l'équation (11) pourra s'écrire sous la forme :

$$R(a+t)\frac{p-p_1}{p_1} = h - \frac{64}{\varpi^2}\frac{L}{D^5} b'U^2 = h - 6{,}4245\,\frac{L}{D^5}\, b'U^2 \quad (11\,a)$$

sous laquelle elle servira à résoudre les différents problèmes qui se présenteront et dans lesquels l'inconnue sera alternativement $p - p_1$ ou $\frac{p-p_1}{p_1}$, U ou D. Dans ce

dernier cas, il y a une difficulté provenant de ce que le coefficient b' varie avec D. On peut alors se contenter de résoudre le problème avec approximation, ce qui est souvent bien suffisant, en attribuant à b' une valeur moyenne entre celles qui correspondent aux valeurs de D auxquelles on s'attend. Si l'on veut plus de précision, il faut au préalable construire une fois pour toutes une table donnant pour les diverses valeurs de D les valeurs correspondantes de $\frac{b'}{D^5}$ et résoudre l'équation par rapport à $\frac{b'}{D^5}$; la table fera alors connaître D.

10. Nous allons maintenant faire $h = 0$, c'est-à-dire supposer la conduite horizontale afin d'examiner uniquement la perte de charge par frottement.

L'équation (11 a) donne la perte de charge rapportée au volume comme l'équation (11) la donne rapportée à la vitesse, et elle montre que, *à volume égal*, la perte de charge absolue $p_1 - p$ est proportionnelle à la pression initiale p_1, ce qu'on peut prévoir *à priori*, puisque le volume est en raison directe de la vitesse.

Pour rapporter la perte de charge au poids Q écoulé par seconde, nous remarquerons que la même raison qui a autorisé à négliger les variations du poids spécifique de l'air comprimé, autorise également à substituer au volume U correspondant à p le volume U_1 correspondant à p_1. Or on a $p_1 U_1 = QR(a + t)$, et en substituant à U l'expression $Q\frac{R(a+t)}{p_1}$ il vient

$$p_1 - p = 6{,}4245\frac{R(a+t)}{p_1}\cdot\frac{b'L}{D^5}Q^2; \qquad (12)$$

ce qui montre que, *à poids égal*, la perte de charge absolue est en raison inverse de la pression initiale.

Mais pour l'objet qui nous occupe l'important n'est ni le

volume d'air ni le poids, mais le travail mécanique qu'on transmet par seconde. Si l'on nomme ce travail T, on a

$$p_1 U_1 l.\frac{p_1}{p_0} = T, \quad \text{d'où} \quad U_1 = \frac{T}{p_1 l.\frac{p_1}{p_0}}.$$

Si l'on substitue à U cette expression, on trouve

$$\frac{p_1 - p}{p_1} = 6{,}4245.\frac{1}{R(a+t)}\frac{b'L}{D^5}\frac{T^2}{\left(p_1 l.\frac{p_1}{p_0}\right)^2} \qquad (15)$$

et

$$p_1 - p = 6{,}4245.\frac{1}{R(a+t)}\frac{b'L}{D^5}.\frac{T^2}{\left(\sqrt{p_1}\,l.\frac{p_1}{p_0}\right)^2}. \qquad (15a)$$

Ainsi, pour un travail donné à transmettre, la perte de pression relative est en raison inverse de la quantité $\left(p_1 l.\frac{p_1}{p_0}\right)^2$ et la perte de pression absolue en raison inverse de la quantité $\left(\sqrt{p_1}\,l.\frac{p_1}{p_0}\right)^2$.

On voit aussi que le diamètre correspondant à un travail donné est d'autant plus petit que la pression initiale est plus grande. En négligeant les variations du coefficient b', on peut dire que ce diamètre est *pour une même perte de charge relative* en raison inverse de $\left(p_1 l.\frac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{2}{5}}$, et *pour une même perte de charge absolue* en raison inverse de $\left(\sqrt{p_1}\,l.\frac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{2}{5}}$.

Si l'on représente par 1000 le diamètre D nécessaire pour transmettre un travail déterminé avec les pressions représentées par les nombres de la première colonne ci-contre, la deuxième donnera le diamètre D' nécessaire avec

une pression *double* quand on maintient constante la perte de charge relative, et la troisième le diamètre D″ nécessaire avec une pression double quand on maintient constante la perte de charge absolue.

$\frac{p_1}{p_0}$	D′	D″
1,5	509	585
2,0	564	660
2,5	604	694
3,0	623	714
3,5	636	730
4,0	644	741
4,5	651	749
5,0	657	756

11. En ce qui concerne l'exécution des conduites destinées à l'air comprimé, il est superflu de dire que, sauf pour les embranchements destinés à des moteurs particuliers qui permettent l'emploi du fer étiré, du cuivre ou même du plomb, les tuyaux de fonte sont seuls admissibles.

Quant au mode de joints, les installations faites en vue des tunnels et galeries de mines sont toutes dans des conditions qui permettent de placer les conduites hors du sol, et cela a déterminé l'emploi de joints à brides serrées par des boulons avec interposition de rondelles de caoutchouc, car ce joint, qui est du reste le meilleur au point de vue de l'étanchéité, se trouve alors dans les circonstances les plus favorables pour sa pose, sa visite et sa vérification. La rigidité qu'il donne à l'ensemble de la conduite rend nécessaire de parer aux effets de la dilatation par l'interposition, de distance en distance, de joints spéciaux consistant en ce qu'un bout de tuyau tourné extérieurement s'engage dans une sorte de presse-étoupe adapté à la partie élargie d'un autre tuyau et peut y prendre un certain mouvement longitudinal sans que l'obturation cesse d'être complète.

Mais une canalisation destinée à alimenter une distribu-

tion de force dans un quartier industriel ne pourra généralement pas être placée extérieurement. Du moment qu'il s'agit d'une conduite souterraine, le joint à brides perd une partie de ses avantages, à moins qu'on ne puisse disposer d'une galerie d'égout assez spacieuse pour permettre le passage des ouvriers. Le joint à tulipe, fait au moyen de corde et de plomb matés, et généralement employé maintenant pour les conduites d'eau et de gaz d'éclairage, ne requiert aucune précaution exceptionnelle pour la dilatation, d'abord parce que les variations de température du sous-sol sont moindres que celles de l'atmosphère, et ensuite parce que le manque de rigidité des joints empêche les variations de longueur de se transmettre de proche en proche. Le travail qui en résulte pour les joints ne paraît pas altérer l'étanchéité des conduites d'eau, même sous de fortes pressions. Il est à croire que celle de conduites d'air comprimé en souffrirait davantage ; le seul moyen d'y remédier serait d'intercaler des joints de dilatation placés sous des regards. Pour de faibles pressions et de petits calibres, ils pourraient être avantageusement remplacés par des bouts de tuyaux en caoutchouc avec toiles intérieures, que l'on trouve maintenant dans le commerce et qui offrent une assez grande résistance.

12. La question des récepteurs est la moins avancée de toutes celles qui se rapportent à l'air comprimé. En effet, l'emploi de celui-ci s'étant jusqu'ici borné presque exclusivement aux travaux de percement des galeries et tunnels, les efforts des inventeurs se sont portés de préférence sur l'amélioration de la perforatrice, appareil formé par l'ensemble de la machine-outil et du récepteur qui lui est approprié.

Le type général de récepteur à adopter est évidemment fourni par la machine à vapeur : il s'agit seulement de l'adapter au nouveau fluide élastique qu'on veut y faire fonctionner.

Au point de vue purement théorique, on peut concevoir que l'air comprimé agisse pendant sa détente à température constante ou à chaleur constante.

Considérons d'abord le premier cas. Soit p_2 la pression à laquelle l'air sort de la conduite, c'est-à-dire p_1 modifié par la perte de charge et le changement de niveau. Le travail (représenté par le diagramme de la figure 5, dans laquelle $\overline{OF} = p_0$, $\overline{OA} = p_2$, $\overline{OE} = V_2$, $\overline{C'D'} = p_3$) se décompose en deux parties. 1° Le travail d'admission, représenté par aire FABG = aire OABE — aire OFGE, a pour valeur

$$(p_2 - p_0)V_2 = p_2V_2\left(1 - \frac{p_0}{p_2}\right); \quad \ldots\ldots \quad (14)$$

c'est le corrélatif du travail dépensé au refoulement. 2° Le travail de détente, représenté par aire GBC = aire EBCD — aire EGCD, en supposant la détente complète, a pour valeur

$$p_2V_2\left[l.\frac{p_2}{p_0} - \left(1 - \frac{p_0}{p_2}\right)\right]; \quad \ldots\ldots \quad (15)$$

c'est le corrélatif du travail demandé par la compression. Le travail total est alors $p_2V_2l.\frac{p_2}{p_0}$. Si la détente est poussée seulement jusqu'à la pression p_3, le travail de détente est représenté par aire GBC'H = aire EBC'D' — EGHD', et s'exprime par

$$p_2V_2\left[l.\frac{p_2}{p_3} - \left(\frac{p_0}{p_3} - \frac{p_0}{p_2}\right)\right], \quad \ldots\ldots \quad (15\,a)$$

la perte de travail par détente incomplète étant

$$p_2V_2\left(l.\frac{p_3}{p_0} + \frac{p_0}{p_3} - 1\right).$$

Passons au second cas. Le travail total se subdivise encore en travail d'admission et travail de détente dont la

représentation graphique est la même que tout à l'heure, sauf la nature de la courbe BC'C (*fig.* 5). Le premier s'exprime comme dans le premier cas par $p_2 V_2 \left(1 - \frac{p_0}{p_2}\right)$. Le second est, en appelant V_3 le volume $\overline{OD'}$ qui correspond à p_3,

$$\frac{p_2 V_2}{k-1}\left[1 - \left(\frac{p_3}{p_2}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right] - p_0(V_3 - V_2),$$

ou en éliminant V_3 à l'aide de la relation $pV^k = \text{const.}$

$$p_2 V_2 \left\{\frac{1}{k-1}\left[1 - \left(\frac{p_3}{p_2}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right] - \frac{p_0}{p_2}\left[\left(\frac{p_2}{p_3}\right)^{\frac{1}{k}} - 1\right]\right\}. \quad (15b)$$

La somme des deux travaux est donc

$$p_2 V_2 \left\{1 + \frac{1}{k-1}\left[1 - \left(\frac{p_3}{p_2}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right] - \frac{p_0}{p_2}\left(\frac{p_2}{p_3}\right)^{\frac{1}{k}}\right\}, \quad (16)$$

quantité qui, pour la détente complète, c'est-à-dire pour $p_3 = p_0$, devient

$$p_2 V_2 \frac{k}{k-1}\left[1 - \left(\frac{p_0}{p_2}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right]. \quad \ldots\ldots \quad (16a)$$

13. Le rendement du récepteur à air comprimé est une fraction ayant pour numérateur le travail disponible sur son arbre (tel que le donnerait par exemple une mesure au frein) par coup de piston, et pour dénominateur le plus grand travail qu'on puisse théoriquement obtenir, c'est-à-dire $p_2 V_2 l \frac{p_2}{p_0}$; dans le rendement ainsi évalué, il est évidemment tenu compte de toutes les pertes de travail qui interviennent.

Nous n'envisagerons ici qu'un rendement partiel qui va être défini. Le travail obtenu par le premier mode, c'est-à-

dire à température constante, va en diminuant avec le degré de détente. Le travail obtenu par le second, c'est-à-dire à chaleur constante, va également en diminuant; mais à détente égale, sa valeur absolue est moindre que par le premier, à cause de la perte qui est inhérente à ce mode et qui provient du refroidissement accompagnant la détente. Par conséquent à chaque degré de détente correspond, dans le premier mode, une perte par détente incomplète, et dans le second, une perte par détente incomplète et par refroidissement. Le rendement dont nous nous occuperons tiendra compte uniquement de ces pertes-là.

Pour comparer les deux modes, nous prendrons un exemple numérique, celui de l'air porté préalablement à la pression de 3 atmosphères absolues, et ayant la température de 12° C. Le travail sera calculé, non pas pour une capacité donnée du cylindre, mais pour 1 kilogramme d'air. Nous aurons alors

$$p_0 = 10333, \quad p_2 = 30999,$$

$$[v_2] = \frac{R(a+t)}{p_2} = \frac{29,273(273+12)}{30999} = \frac{8342,805}{30999} = 0,2691.$$

De plus

$$k = 1,408, \quad \frac{1}{k} = 0,7102, \quad \frac{1}{k-1} = 2,451,$$

$$\frac{k-1}{k} = 0,29, \quad \frac{k}{k-1} = 3,451.$$

Les résultats sont les suivants :

	TEMPÉRATURE CONSTANTE.			CHALEUR CONSTANTE.		
	Travail.	Perte.	Rendement.	Travail.	Perte.	Rendement.
	kgm.	kgm.		kgm.	kgm.	
Détente complète.	9166	»	1,000	7854	1312	0,856
Détente de 3 atm. à 1,2 atm.	9035	131	0,985	7783	1383	0,849
Détente de 3 atm. à 1,5 atm.	8564	602	0,934	7516	1650	0,820
Détente de 3 atm. à 2 atm. .	7551	1615	0,823	6902	2264	0,753
Détente de 3 atm. à 2,5 atm.	6527	2639	0,712	6223	2943	0,678
Détente nulle.	5562	3604	0,606	5562	3604	0,606

Mais la détente à chaleur constante n'est pas seulement désavantageuse sous le rapport du rendement. Le refroidissement dont elle est accompagnée n'en permet pas l'emploi. A cet égard, il y a une différence à faire entre une machine à détente et une machine utilisant seulement la pleine pression. Dans ce dernier cas le refroidissement n'a lieu qu'à l'échappement et n'est que transitoire. L'air, en s'échappant sous une grande différence de pression, acquiert une force vive de translation considérable qui est prise aux dépens de la chaleur thermométrique contenue dans l'air lui-même et dans les parois de l'orifice; mais cette force vive s'amortit peu à peu et se reconvertit en la force vive moléculaire qui constitue la chaleur. Mais quand l'air se détend en poussant devant lui un piston par lequel il surmonte une résistance externe, le refroidissement se fait dans le cylindre même et a un caractère définitif, car alors il y a transformation de chaleur non pas en force vive, mais en travail accompli.

L'abaissement de température qui accompagne la détente est régi par la même loi que l'échauffement qui accompagne la compression; on aura donc, en appelant t_3 la température finale :

$$\frac{a+t_3}{a+t} = \left(\frac{p_3}{p_2}\right)^{\frac{k-1}{k}}.$$

Si l'on applique cette formule aux degrés de détente qui figurent dans l'exemple ci-dessus, t étant toujours $= 12°$C., on trouve les résultats suivants :

	Abaissement de température. $t - t_3$	Température finale. t_3
Détente complète.	78°	— 66°
» de 3 atm. à 1,2 atm.	67°	— 55°
» de 3 atm. à 1,5 atm.	52°	— 40°
» de 3 atm. à 2,0 atm.	32°	— 20°
» de 3 atm. à 2,5 atm.	15°	— 3°

Quand même la conductibilité du cylindre, en permettant l'accès de la chaleur du dehors, rendrait les abaissements de température inférieurs à ce que la théorie indique, ils demeureraient néanmoins suffisants, sauf avec de minimes degrés de détente, pour condenser à l'état de glace ou de givre la vapeur d'eau contenue dans l'air, et par suite pour rendre le fonctionnement du moteur impossible, puisque cette condensation se ferait à l'intérieur même du cylindre.

14. Le problème à résoudre est donc de fournir de la chaleur à l'air pendant sa détente afin de modérer son refroidissement, et cela dans le double but de gagner du travail et de rendre la marche de la machine possible. L'objectif qu'on doit se proposer n'est pas de détendre rigoureusement à température constante, mais simplement d'empêcher la température de descendre jusqu'à zéro. En effet, la différence entre zéro et la température ambiante ne représente pas beaucoup de travail gagné, tandis qu'il y aurait un intérêt positif à condenser par un certain refroidissement une partie de la vapeur d'eau à l'état liquide, car l'eau condensée faciliterait le mouvement du piston en agissant comme lubréfiant à la façon de l'eau d'injection des compresseurs.

Pour arriver au résultat indiqué, on cherchera à faire intervenir l'eau liquide en raison de sa grande chaleur spécifique. Le meilleur mode consisterait à la faire agir par contact médiat, de la même manière que dans les compresseurs où l'eau circule dans la tige du piston, dans le piston et autour du cylindre. Un mode d'action analogue à celui du compresseur de Seraing serait évidemment inadmissible. On ne peut pas davantage songer à une injection d'eau : elle serait sans efficacité et aggraverait le mal. Il est évident que si l'on dispose d'une source de chaleur on en profitera pour chauffer préalablement l'eau de circulation.

Une autre manière de réchauffer l'air, qui mériterait

d'être examinée sérieusement, consisterait dans une injection de vapeur d'eau ayant une pression suffisante.

L'étude de ces questions techniques aurait surtout son intérêt pour le cas où le travail contenu dans l'air comprimé serait destiné à desservir des moteurs importants pour lesquels une certaine complication de détails pourrait être admise, en raison de la surveillance et des soins dont ils seraient l'objet. Leur résolution permettra une détente à peu près complète et par suite un rendement élevé.

Mais s'il s'agit non-seulement de transmettre le travail au loin, mais encore de le distribuer entre un grand nombre de moteurs destinés à desservir de petits ateliers, ce qui est requis c'est un moteur peu coûteux, facile à surveiller et à entretenir, et par suite excluant des dispositions compliquées. On sera alors plus limité quant aux moyens de réchauffement et obligé d'avoir plus égard à la simplicité qu'à l'efficacité : on pourra être réduit à profiter du voisinage d'un foyer ou à entourer le cylindre d'une bâche à circulation d'eau. Reste à voir où l'on pourra atteindre par ces procédés imparfaits.

Si la pression disponible p_1 est de 3 atmosphères, comme dans l'exemple ci-dessus, et si l'on détend jusqu'à 2 atmosphères seulement, on aura, à chaleur constante, un rendement théorique de 0,753 et une température finale de — 20° ; tandis que, à température constante, on aura un rendement théorique de 0,823. Par l'emploi des dispositions simples dont il vient d'être question, on peut raisonnablement espérer maintenir la température de l'air à zéro au moins, et obtenir un rendement moyen entre les deux précédents, savoir 0,788. Mais pour de plus grandes amplitudes de détente on ne pourrait pas arriver au résultat voulu.

Supposons maintenant que p_1 soit de 6 atmosphères. La même température finale — 20° correspondra à la même amplitude de détente, savoir de 6 atmosphères à 4 atmo-

sphères. Le travail correspondant à 1 kilogramme d'air est avec cette détente :

A température constante.	A chaleur constante.
9640 kgm.	8764 kgm.

Et comme le travail emmagasiné dans l'air, savoir $p_2[v_2]l.\ \frac{p_2}{p_0}$, est de 14948 kilogrammètres, on aura comme rendement :

A température constante.	A chaleur constante.
0,644	0,586

Et si l'on dispose d'un réchauffement ayant la même efficacité que tout à l'heure, le rendement qu'on pourra espérer sera une moyenne entre les précédents, savoir 0,615, rapport bien inférieur à 0,788.

On se trouve donc dans l'alternative suivante. Ou bien on se contentera d'une détente limitée, et alors on subira une perte de rendement ; ou bien on cherchera à détendre le plus possible, mais on sera arrêté par le refroidissement. L'exemple numérique qui précède indique le moyen qui permettra d'éviter ces deux écueils : c'est de n'admettre qu'une faible pression ; car plus la pression sera faible, plus aussi on réduira la perte résultant de la détente qu'on n'utilise pas et plus on aura de facilité pour combattre le refroidissement résultant de celle qu'on utilise.

Ainsi donc, toutes les fois qu'on aura en vue de répartir par le moyen de l'air comprimé une force motrice entre de nombreux récepteurs pour lesquels on devra viser à la simplicité, et qu'en même temps on sera obligé de se préoccuper du rendement, il y aura tout intérêt à ne pas comprimer l'air à une pression trop élevée. Si dans l'exemple qui précède nous avons choisi $p_2 = 3$ atmosphères pour pression disponible dans les récepteurs, c'est parce que ce degré de pression, combiné avec une détente

de 3 à 2, nous paraît très-convenable pour le but que nous venons de supposer.

Si dans la perforation des tunnels, dans laquelle cependant on n'utilise que la pleine pression, on opère avec une pression au moins double de celle-là, c'est parce qu'il s'agit avant tout de frapper des coups de fleuret d'une grande énergie avec un appareil peu encombrant. D'ailleurs l'air comprimé présente pour ce genre de travail des avantages si nombreux et si décisifs que la question du rendement se trouve reléguée à l'arrière-plan.

Un motif d'une autre nature se joint à celui qui tient au refroidissement, pour se contenter, en ce qui concerne les petits récepteurs, d'une détente très-limitée, et par conséquent d'une faible pression initiale. Le récepteur devra être pourvu, comme une machine à vapeur, d'un appareil de distribution qui pour des raisons déjà énoncées devra être de la plus grande simplicité. On n'en connaît pas de plus simple que le tiroir ordinaire avec lequel on réalise la détente en combinant convenablement l'avance angulaire de l'excentrique avec le recouvrement extérieur. Or on sait que ce moyen ne permet que des amplitudes de détente fort limitées (*).

Mais si l'air comprimé doit actionner des récepteurs d'une certaine importance, admettant soit pour la distribution, soit pour le réchauffement, des dispositions un peu complexes, on pourra réaliser de grandes amplitudes de détente, et par suite on sera beaucoup moins limité quant à la pression initiale.

15. Parmi les pertes de travail qui doivent être ajoutées à la perte par détente incomplète et à la perte par refroidissement dans l'évaluation du rendement, figure celle qui

(*) Il sera bon de placer le tiroir de côté et un peu en dessous afin d'évacuer l'eau de condensation par les lumières au moment de l'échappement.

provient de l'espace mort. On ne peut guère l'apprécier avec exactitude dans le cas de la détente de mode mixte, comme celle que l'on réaliserait dans de petits récepteurs; il faut se borner à l'évaluer pour le cas de la détente à température constante.

Nommons V'_2 l'espace parcouru par le piston à pleine pression et V'_3 l'espace total. Ces espaces sont censés réglés par la distribution, de manière à ce que $p_2V'_2 = p_3V'_3$. En raison de l'existence d'un espace mort, le volume final V_3 occupé par l'air à la fin de la course n'est pas identique à V'_3, mais égal à $V'_3(1+\eta)$. Il en résulte que à la fin de l'admission le volume occupé par l'air à p_2 est

$$V'_2 + \eta V'_3 = V'_2\left(1+\eta\frac{V'_3}{V'_2}\right) = V'_2(1+\eta r),$$

$\left(\text{en désignant pour abréger par } r \text{ le rapport de détente } \frac{p_2}{p_3}.\right)$
Il comprend donc le volume V'_2, c'est-à-dire le vide que fait le piston et l'espace mort $\eta V'_3$ ou $\eta V'_2 r$ préalablement rempli d'air à p_0. Aussi le volume V_2 d'air à p_2, débité par coup de piston, est-il

$$V_2 = V'_2\left(1+\eta r\frac{p_2-p_0}{p_2}\right) = V'_2\left(1+\eta\frac{p_2-p_0}{p_3}\right). \quad (17)$$

Le volume perdu par le fait de l'espace mort est ainsi $V'_2\eta\frac{p_2-p_0}{p_3}$. A cette perte correspond naturellement une perte sur le travail à pleine pression qu'on peut attendre du volume V_2. En effet, on tire de (17)

$$V'_2 = \frac{V_2}{1+\eta\frac{p_2-p_0}{p_3}} = V_2\left(1-\frac{\eta\frac{p_2-p_0}{p_3}}{1+\eta\frac{p_2-p_0}{p_3}}\right).$$

La fraction η est toujours assez petite (d'autant plus pe-

tite que la machine est plus grande), et quoique le facteur $\frac{p_2 - p_0}{p_3}$ soit généralemant plus grand que 1, on peut sans grande erreur négliger $\eta \frac{p_2 - p_0}{p_3}$ au dénominateur, et écrire simplement.

$$V'_2 = V_2 \left(1 - \eta \frac{p_2 - p_0}{p_3}\right).$$

Le travail à pleine pression sera donc

$$(p_2 - p_0) V'_2 = (p_2 - p_0) V_2 \left(1 - \eta \frac{p_2 - p_0}{p_3}\right) =$$
$$= p_2 V_2 \left(1 - \frac{p_0}{p_2}\right) - V_2 \eta \frac{(p_2 - p_0)^2}{p_3} \quad \ldots\ldots \text{(18)}$$

Il y a ainsi une perte de travail exprimée par

$$V_2 \eta \frac{(p_2 - p_0)^2}{p_3}.$$

Un autre effet de l'espace mort se rapporte à la détente. Il consiste en ce que la pression finale réelle p'_3 est supérieure à celle p_3 qu'on se propose d'avoir, et que par conséquent le rapport réel de détente r' est plus petit que r qui est un rapport apparent. La loi de Mariotte donne en effet

$$p'_3 V'_3 (1 + \eta) = p_2 V'_2 (1 + \eta r),$$

d'où l'on déduit

$$\frac{p_2}{p'_3} = r' = \frac{V'_3}{V'_2} \frac{1 + \eta}{1 + \eta r} = \frac{r(1 + \eta)}{1 + \eta r}.$$

En même temps le volume qui se détend est $V'_2 \left(1 + \eta \frac{p_2}{p_3}\right)$, en sorte que le travail pendant la détente est

$$p_2 V'_2 \left(1 + \eta \frac{p_2}{p_3}\right) l.r' - p_0 (V'_3 - V'_2),$$

ou bien, en exprimant les volumes en fonction du volume dépensé V_2 et négligeant au dénominateur la quantité $\eta \frac{p_2 - p_0}{p_3}$,

$$p_2 V_2 \left[\left(1 + \eta \frac{p_2}{p_3} \right) l.r - \left(\frac{p_0}{p_3} - \frac{p_0}{p_2} \right) \right] \dots \quad (19)$$

Par conséquent, en ce qui concerne le travail moteur, un des facteurs dont il se compose a augmenté [comparez avec (15a)] dans le rapport de $1 + \eta \frac{p_2}{p_3}$ à 1, tandis que le second (le facteur logarithmique) a diminué. En somme, il y a un peu de perte.

Dans ce qui précède, il a été admis implicitement que l'échappement se ferme au moment même où la course du piston s'achève. Mais dans la distribution par tiroir l'échappement se ferme avant la fin de la course, et pendant le reste de celle-ci l'air qui se trouve confiné se comprime. L'amplitude de cette compression dépend de l'avance angulaire et du recouvrement intérieur. Supposons-la réglée de telle sorte que son commencement ait lieu à l'instant où le piston a encore à parcourir l'espace x déterminé par

$$p_0 (x + V'_3 \eta) = p_2 V'_3 \eta.$$

Alors, la course achevée, l'espace nuisible se trouvera rempli d'air à p_2. Aucun supplément d'air comprimé ne sera absorbé par cet espace : la perte d'air et la perte correspondante de travail à pleine pression seront supprimées. En revanche, le travail de la contre-pression, pendant que l'espace x est parcouru, au lieu d'être $p_0 x$, sera $p_0 (x + V'_3 \eta) l. \frac{p_2}{p_0}$; on dépensera donc en plus $p_0 V'_3 \eta l. \frac{p_2}{p_0} + p_0 x \left(l. \frac{p_2}{p_0} - 1 \right)$, et ainsi la perte qu'on évite est remplacée par une autre.

L'intervention de l'espace mort et celle de la compression (réglée comme il vient d'être dit) substituent au diagramme EABCHE le diagramme FA'B'C'H'F (*fig.* 6) (*). Dans cette figure on a

$$\overline{AB} = \overline{A'B'} = V'_2, \ \overline{EH} = \overline{E'H'} = V'_3, \ \overline{E'F} = x,$$
$$\overline{AA'} = \overline{BB'} = \overline{DD'} = V'_3\eta, \ \overline{OA} = p_2, \ \overline{OE} = p_0, \ \overline{CD} = p_3,$$
$$\overline{C'D'} = p'_3.$$

Avec une compression moins étendue que celle qui vient d'être définie, la perte de travail résultera partiellement de la compression, partiellement de l'espace nuisible. Une compression plus étendue doit être proscrite.

16. Dans l'économie générale d'une transmission par air comprimé, la perte de charge dans la canalisation jouera un rôle différent suivant l'objectif qu'on aura en vue. Si l'on se propose principalement d'apporter la force motrice à des moteurs grands et peu nombreux comportant l'emploi des moyens les plus efficaces pour empêcher le refroidissement, la détente pourra être poussée à fond, et par conséquent l'utilisation du travail disponible $p_2v_2l.\frac{p_2}{p_0}$ être aussi complète que possible. La perte de charge dans la conduite représente alors une véritable perte de travail, puisqu'elle diminue le second facteur de ce travail disponible; on a donc tout intérêt à faire en sorte que p_2 demeure le moins que possible au-dessous de p_1. Il en est autrement si l'on a pour but de répartir le travail en un

(*) Tandis que le diagramme de la *fig.* 5 représente indifféremment les travaux simultanés sur les deux faces du piston pendant une course simple, ou les travaux successifs sur la même face pendant une double course, celui-ci ne s'applique qu'à cette dernière désignation. Pour le rapporter à la première, il aurait fallu retourner la figure A'FH', ce qui eût été confus.

grand nombre de petits moteurs : ceux-ci, comme nous l'avons vu, ne pourront admettre qu'une détente très-limitée, et par conséquent ne comporteront qu'une moindre utilisation. Ici c'est en réalité au moteur et non à la conduite que la perte de travail est imputable. Si avec un certain diamètre la pression tombe de p_1 à p_2, le travail susceptible d'être recueilli sera $p_2 v_2 l.r$, r étant le degré de détente admis $= \frac{p_2}{p_3}$; si avec un diamètre moindre la pression tombe de p_1 à $p'_2 < p_2$, on ne receuillera pas moins de travail, car d'une part le facteur $p_2 v_2$ ne varie pas, et d'autre part en détendant jusqu'à une pression $p'_3 < p_3$ et telle que $\frac{p'_2}{p'_3} = r$, on maintiendra au second facteur la même valeur. Il va sans dire qu'il y a ici une limite qu'on ne saurait franchir, c'est lorsque p'_3 descendrait jusqu'à p_0. Le seul inconvénient de l'abaissement de la pression p_2, c'est que les moteurs devront, à puissance égale et à vitesse égale, avoir de plus grandes dimensions. Aussi en fixant les diamètres de la canalisation, aura-t-on à se préoccuper moins de limiter la perte de charge moyenne que de limiter les variations qu'elle éprouve en raison des inégalités de la consommation, afin que les moteurs n'aient pas à fonctionner sous une pression trop irrégulière.

Rectifications au Mémoire sur la Transmission par câbles métalliques.

(*Pages* 167 *à* 170 *de ce volume.*)

Les §§ 13 et 14 contiennent une erreur qui doit être rectifiée de la manière suivante :

1° Au § 13, le passage qui s'étend depuis les mots : *Mais il se présente* (page 167, ligne 5 en remontant) jusqu'à et y compris les mots *à les éviter* (page 169, ligne 3 en descendant) doit être remplacé par ce qui suit :

Ainsi, d'une part, les tensions T′ et t' sont complétement déterminées par T et t. D'autre part, pour le mouvement uniforme des deux poulies, on doit avoir $T' - t' = T - t$, ce qui équivaut à $T' - T = t' - t$, c'est-à-dire $S_2 - S_1 = S'_2 - S'_1$. L'accord de ces deux conditions indépendantes résulte dans tous les cas de la propriété mécanique de la chaînette (rappelée dans la note de la page 163) en vertu de laquelle l'ordonnée verticale d'un point quelconque de la courbe, comptée à partir de l'horizontale Vx'' (*fig.* 9) dont la distance $\overline{UV}$ du sommet U est $\frac{S_0}{p}$, est égale au quotient $\frac{S}{p}$, S étant la tension en ce point, et par conséquent représente la longueur de câble dont le poids est égal à cette tension. Il suit de là que, quelle que soit la valeur de x, et par conséquent quelles que soient la valeur de S_0 et la longueur de $\overline{UV}$, la différence $\frac{S_2}{p} - \frac{S_1}{p}$ est égale à la différence des ordonnées des points de suspension A et B, c'est-à-dire à leur distance verticale H. Par conséquent les différences $S_2 - S_1$ et $S'_2 - S'_1$, étant chacune égale à pH, sont bien égales entre elles.

Si l'on veut tenir compte des résistances passives, on aura recours au système d'équations (3a), (4a) et (5a) en remplaçant dans celle-ci t par $t + pH$ et T par $T + pH$; on aura comme précédemment trois équations, pour déterminer la valeur des trois inconnues T, t et P ou Q, lesquelles, comme on se le rappelle, figurent implicitement dans F et F′.

2° Au § 14, le passage qui s'étend depuis les mots : *Aussi il faudra* (page 169, ligne 2 en remontant) jusqu'à et y compris les mots *à priori* (page 170, ligne 4 en descendant) doit être remplacé par :

Aussi il faudra admettre pour p une valeur p' plus grande que $\frac{T}{104 e_1}$ et qu'il est facile de calculer *à priori*.

NOTES

SUR

LES PROCÉDÉS DE TRAITEMENT DU MINERAI DE FER ET DU MINERAI DE CUIVRE AU JAPON

Par M. D. SÉVOZ.

I. — Minerai de fer.

Vers le centre de la province de Harima, à environ 800 mètres d'altitude, se trouve le massif montagneux du district de Sisso, réputé, au Japon, pour la qualité du fer qu'on y produit.

Les porphyres (genre eurite) qui couvrent une grande partie du pays cessent brusquement à 600 ou 650 mètres de hauteur, et laissent à découvert un gros mamelon granitique dont le point culminant est à près de 900 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Minerai. — Ce granite, dans les parties assez rares où il s'est conservé intact, est composé de quartz blanc hyalin et jaune ambre, de feldspath rose et de mica noir à reflets dorés. Sur le plus grand nombre des points, il est décomposé et se déroche facilement à la pioche, quelquefois à la pelle seule. C'est de ce granite lavé que les Japonais extraient leur minerai de fer. Le minerai y est invisible à l'œil nu; la roche en tient moyennement 2 p. 100; on m'a fait voir quelques rares parties dont la teneur atteignait 6 p. 100. Il consiste en très-petits grains noirs à facettes ternes et angles arrondis; les plus gros grains n'ont pas plus de 3/10 de millimètre de grosseur.

Ce minerai m'a paru être à peu près semblable à celui que M. Domeyko a signalé sur certaines plages du Chili;

ce serait donc un minerai de fer oxydulé titanifère. L'analyse en est très-difficile parce que ce minerai ne s'attaque qu'imparfaitement par les acides et le carbonate de soude; il contient 90,3 p. 100 de parties attirables au barreau aimanté, et ce sont ces parties qui s'attaquent le moins difficilement. J'ai trouvé dans ce minerai 26 p. 100 de silice encore ferreuse et 71 p. 100 de fer peroxydé. Je n'ai pu doser l'oxyde de fer au minimum qui doit s'y trouver, ainsi que l'acide titanique (*).

Lavage. — Le chantier d'exploitation des granites est établi aux endroits où le terrain est le moins résistant et aussi près que possible du canal de lavage. Près du chantier se trouve un réservoir pouvant contenir 150 à 200 mètres cubes d'eau; cette eau provient en petite quantité des quelques sources qu'on peut y amener, mais surtout des eaux de pluie du printemps et de l'automne, qui sont soigneusement recueillies. Ce réservoir est séparé par une vanne du canal de lavage, construit très-soigneusement en pierres sèches bien rejointoyées avec de l'argile. Le fond est formé de dalles plates; le canal a 1 mètre de largeur sur autant de profondeur, et une pente un peu variable suivant le terrain dans lequel il est creusé, mais qui se rapproche en moyenne de 25 à 30°.

(*) L'analyse faite au bureau d'essai de l'École des mines sur un échantillon de ce minerai a donné pour 100 parties :

Quartz	12,00
Acide titanique	6,00
Protoxyde de fer	25,20
Peroxyde de fer	56,28
Oxyde de manganèse	traces
Chaux	0,30
Magnésie	traces
	99,78

87 parties sont attirables au barreau aimanté; le résidu se compose essentiellement de la gangue quartzeuse et contient quelques grains ferrugineux.

La teneur en fer est de 58,49 p. 100. L. M.

Quand le réservoir est plein d'eau et que les bords du canal dans son voisinage sont couverts d'une assez grande quantité de sable granitique, on jette le sable par pelletées dans le canal, et on lève assez la vanne pour que l'eau puisse l'entraîner avec suffisamment de vitesse. Le réservoir étant vidé, on attend qu'il se remplisse de nouveau et l'on recommence. Tous les 50 mètres environ se trouve un bassin en forme de bateau, de 4 mètres de long sur $1^{m},50$ de largeur au milieu et dont le fond est horizontal. C'est dans ces bassins qu'on recueille le minerai qui s'y arrête. Grâce à sa densité, qui est de 4,24, le minerai est bien lavé, on n'y voit que quelques grains de quartz. Les fondeurs japonais disent n'avoir aucun intérêt à le laver mieux, la roche qui y est mélangée leur servant de fondant; ils ajoutent même quelquefois au lit de fusion un peu de kaolin très-commun aux environs.

Ce minerai, tel qu'il est lavé, rend 61,5 p. 100 de fonte à l'essai par voie sèche; il est vendu aux usines 22 tempos les 32 couamés (*) ($1^{f},10$ les 100 kilog.).

L'extraction du minerai, qui est toujours accompagnée du lavage, est surtout active à l'époque des pluies, pendant laquelle on cherche à s'approvisionner pour toute l'année; elle n'est suspendue, comme le travail des fours, que pendant la récolte du riz, qui occupe tous les bras. Dans tout le district de Sisso, la quantité annuelle de minerai lavé ne dépasse guère 975.000 kilogrammes pour une production d'un peu plus de 200.000 kilogrammes de fer.

Charbon. — Le charbon de bois fait au Japon, bien que provenant uniquement d'essences résineuses, est de bonne

(*) Les Japonais ont de tout temps employé le système décimal pour les poids et pour les mesures de longueur.

Poids. { 1 couamé = $3^{k},750$; 1 monmé = $3^{gr},750$, 1 foun = 1/10 de monmé.

Mesures. { 1 hiakou = $0^{m},303$; 1 soun = 1/10 de hiakou, 1 bou = 1/10 de soun; 1 li = 1/10 de bou.

qualité ; il est sonore et solide. La carbonisation a lieu dans des fours, de 4 à 5 mètres cubes de capacité, construits en pierres sèches; elle s'opère en vase demi-clos, si l'on peut s'exprimer ainsi. Les bois employés sont, par ordre d'importance : les *matsous* (pins et sapins), le *soughi* (cryptomeria japonica), le thuya, certains cyprès, le *hinoki* (retinispora obtusa). Ce charbon donne 2 p. 100 de cendres en moyenne, et 1 gramme dans la litharge réduit $27^{g},63$ de plomb; il coûte à l'usine 65 tempos les 100 couamés, soit 10 à 11 francs les 1.000 kilog.

A l'usine à argent d'Ykouno, on le payait environ 30 fr. les 1.000 kilog.

Four. — Le four pour la production du fer dont le croquis, Pl. VI, *fig.* 7, indique, aussi bien qu'il m'a été possible d'en juger, la coupe en travers, ce four, dis-je, a $3^{m},15$ de longueur ; il est construit avec des moellons de granite dur posés en plein mortier d'argile. L'écartement des deux murs du gueulard est maintenu, tous les $0^{m},90$, par une sorte de clef de voûte formée de la même roche.

Le four est soufflé sur chacune de ses deux longues parois par 9 busillons de 15 millimètres de diamètre à l'œil, soit en tout 18 busillons.

Les deux extrémités du four sont murées de la même manière, et ont une ouverture ronde de $0^{m},12$ à $0^{m},15$ en leur milieu et un peu au-dessus du niveau de la sole.

La bonne conduite du fourneau consiste à maintenir une langue de flamme à ces deux ouvertures en empêchant autant que possible le vent de sortir par le gueulard.

Travail. — Pour la mise en feu le propriétaire de l'usine de Cotchino Mimouro m'a expliqué qu'on commençait par étendre sur toute la sole une couche de cendres, sans argile, de $0^{m},08$ à $0^{m},10$ d'épaisseur, comme elle est figurée au croquis, puis qu'on remplissait le four de charbon jusqu'au niveau du gueulard. Alors le charbon est allumé par les deux ouvertures du bas ; quand il l'est suffisamment,

on couvre le gueulard avec un mélange boueux de terre végétale et de fraisil, et l'on attend que le feu se soit propagé dans toute la masse du charbon; à ce moment on commence à donner un peu de vent pour faire rougir l'intérieur des parois du four. Il faut toute une journée pour obtenir ce résultat sans compromettre la solidité de la construction ; pendant cette opération on maintient toujours le gueulard plein de charbon.

Le lendemain on commence à charger un peu de minerai; on le sème très-également et en très-petite quantité à la fois, au moyen d'une sorte de sébille en bois sur toute la surface du gueulard; le charbon est réparti de même avec grand soin dans la proportion voulue, mais les quantités de ces deux matières sont très-variables : le maître fondeur les change à chaque instant sans se rendre compte au moyen d'une balance des modifications qu'il apporte à la charge. Ce n'est qu'à la fin de la journée qu'on sait ce qui a été consommé.

Le travail paraît marcher très-régulièrement, et pendant la journée, où je l'ai suivi, j'ai vu rarement les ouvriers être obligés de se servir du ringard pour dégager des obstructions et faire couler la scorie qui vient brusquement et à intervalles irréguliers remplir le trou que le fondeur lui a préparé, pour l'enlever facilement une fois refroidie.

L'opération complète dure de douze à dix-huit jours; elle n'est arrêtée que lorsque la scorie ne peut plus sortir facilement, ou que les buses sont enferrées.

On passe en moyenne pendant ce temps 4.800 couamés de minerai (18.000 kil.), et 3.800 couamés de charbon (14.250 kil.).

On laisse refroidir le four pendant deux jours, puis on démolit les deux murs des extrémités ; on jette de l'eau avec précaution pour faire éclater la scorie qui embarrasse une grande partie du four, puis on engage des ringards dans la couche de cendres pour soulever et dégager le gros

culot ferreux qui pèse environ 1.024 couamés (5.840 kil.).

Cette matière est roulée à grand'peine sous un mouton à déclic ; le mouton est formé lui-même de la moitié d'un ancien culot, choisi plus compacte que les autres ; il est soulevé au moyen d'une roue à hommes de 11^{m},50 de diamètre.

Produits. — Le produit est fragmenté autant que possible, et chaque morceau est soigneusement classé en trois qualités de fer, une d'acier (étoffe), pour la fabrication des armes blanches, et les parties crues de fonte qui sont mises à part.

Les scories qui étaient produites au moment de ma visite (juin 1870) avaient la composition suivante :

Silice	26,62
Alumine	8,37
Protoxyde de fer	62,25
Chaux	1,75
Potasse	2,13
Total	101,02

D'un minerai de fer rendant à l'essai 61,50 de fonte, les Japonais tirent un peu plus de 21 p. 100 de fer.

Le prix de revient de ce fer, en sortant du four, serait d'environ 163 francs les 1.000 kilog.

Minerai	4.680 kilog. à 11 fr. =	51^{f},48
Charbon	3.710 kilog. à 11 fr. =	40^{f},82
Main-d'œuvre		70^{f},60
	Total	162^{f},90

Soufflerie. — Il me reste à décrire la curieuse organisation de la soufflerie japonaise dont le croquis, Pl. VI, *fig.* 8, indique le fonctionnement. Elle consiste en un massif en pierres cimentées avec de l'argile, dans lequel ont été ménagés deux vides prismatiques symétriques où peuvent se mouvoir deux portes à charnières de 1^{m},55 de longueur

sur 0^{m},90 de large. Un homme avec un enfant pour aide, en passant tous deux ensemble alternativement du marchepied M au marchepied M', mettent la machine en mouvement. Les vides prismatiques sont garnis en bois d'une façon très-soignée ; les bords des portes mobiles sont garnis d'une bande de peau de renard qui rend le frottement très-doux et ferme bien le vent. On donne en moyenne vingt coups de soufflet par minute. Les soupapes S d'arrivée d'air ont 0^{m},15 sur 0^{m},15 de côté, et les soupapes de retenue S' ont 0^{m},09 sur 0^{m},18.

Au Japon, le fer est pour ainsi dire plus rare que le cuivre ; aussi le fer n'est-il employé qu'aux ustensiles où le bronze ne peut le remplacer, et encore aussi parcimonieusement que possible.

L'Europe et l'Amérique commencent à envoyer des fers au Japon ; ces fers, par la netteté de leur profil, font l'admiration des Japonais, qui ne connaissent pas le laminoir ; mais pour la qualité au travail et à l'usage ils mettent, et avec raison, leur fer bien au-dessus des fers étrangers.

II. — Minerai de cuivre.

Le fondeur japonais creuse dans le sol un trou cylindrique qui, une fois garni d'un revêtement en pierres quartzeuses, a un diamètre de 0^{m},35 à 0^{m},40 sur autant de profondeur (quelquefois 0^{m},50). Une ou deux tuyères de 0^{m},02 à 0^{m},03, à l'œil, arrivent à environ moitié hauteur du trou ou fourneau ; il faut un homme pour mouvoir un soufflet ; avec deux tuyères il faut deux souffleries ; le travail est ainsi activé.

Le fourneau est rempli de charbon de bois, et entretenu plein de combustible jusqu'à ce que les parois soient arrivées au moins au rouge sombre.

Le minerai est toujours de la pyrite (*), plus ou moins riche en cuivre et plus ou moins bien triée; sa teneur reste supérieure à 8 p. 100; il est cassé en morceaux dont les plus gros ne dépassent pas le volume d'une petite noix.

On le verse par petites quantités à la fois sur le charbon au-dessus de la tuyère, et à mesure qu'il se grille, il est repoussé contre les parois opposées pour faire place à une nouvelle dose de minerai et à de nouveau charbon, car le fourneau est toujours maintenu plein. Quand le fondeur sent avec son outil que le niveau du minerai, *à peu près* grillé, s'élève un peu au-dessus de la tuyère, il arrête tout chargement de mine, et en soulevant la matière et l'amenant près de la tuyère, il cherche à expulser le reste du soufre; alors le chargement de minerai recommence, et l'opération du grillage est répétée jusqu'à ce que le minerai arrive aux trois quarts de la hauteur du fourneau; ce travail, ainsi que les suivants, m'a paru très-pénible; le fondeur ne peut guère quitter son outil, et malgré la hotte qui surmonte le fourneau, les gaz sulfureux lui font beaucoup de mal.

Quand la couleur de la flamme, la consistance de la matière et l'odeur des fumées ont indiqué au fondeur la presque complète expulsion du soufre, le travail devient encore plus pénible, car il s'agit d'arriver avec la palette et les crochets à faire passer toute la matière du côté opposé au vent et de maintenir contre la paroi où est la tuyère une couche verticale de charbon aussi épaisse que possible, et cela jusqu'au fond du fourneau; à ce moment le soufflet marche plus fort, car la fusion suit la réduction de près;

(*) Les filons exploités à Ykouno font saillie au milieu d'une énorme éruption porphyrique. Ces filons sont généralement quartzeux; ils constituent deux systèmes, l'un orienté N.-S. ne comprend que des filons de cuivre pyriteux, ou de pyrite de fer très-peu cuivreuse; l'autre système, orienté est-ouest, est celui des filons auro-argentifères, qui faisaient l'objet principal de notre exploitation.

aussi dès que le grillage a paru complet, le fondeur ajoute-t-il de la chaux fluatée qui, avec les cendres du charbon, est le seul fondant employé. Ce minéral est très-recherché dans les filons où il est assez rare. Quand déjà le fondeur sent qu'au fond du fourneau se trouve un peu de cuivre fondu, il soulève toute la masse, et mêle ensemble, le plus intimement qu'il peut, combustible, fondant et minerai. En écartant de temps en temps le charbon, il commence à voir la scorie recouvrant le bain métallique, il détache du fond toutes les parties non fondues, et les ramène à la surface.

Quand enfin tout lui paraît bien fondu, il enlève rapidement le charbon qui est au-dessus du bain, écrème la plus grande quantité de la scorie avec une poche, puis au moyen d'un balai trempé dans l'eau, il arrose la surface du bain pour y former successivement des rosettes qui sont enlevées et plongées dans l'eau.

Les rosettes sont refondues dans un fourneau tout à fait semblable à celui du traitement du minerai; le métal est bien brassé; on y répand un peu de borax et le cuivre est dit *affiné;* il l'est en effet quand les pyrites traitées ne contenaient ni plomb, ni arsenic, ni antimoine; mais les Japonais ne savent pas affiner le cuivre impur.

Le cuivre refondu est coulé à la poche sur un tissu de coton le plus souvent, qui est posé sur une claie faite de liteaux de bois, lesquels forment les bords du moule; la claie est posée sur une caisse pleine d'eau qui la mouille. Les petits lingots ainsi obtenus sont d'un beau rouge d'oxydule; ils sont très-recherchés, dit-on, dans le commerce probablement parce que cette couleur est la marque du cuivre japonais et parce que le cuivre coulé ainsi est toujours celui qui provient de minerais purs.

Les Japonais extraient quelquefois l'or et l'argent du cuivre quand ces métaux y sont abondants; pour cela ils liquatent les rosettes et coupellent le plomb obtenu; mais le cuivre qui en résulte n'est jamais affiné. Ce cuivre

plombeux, dont la couleur est intermédiaire entre le cuivre rouge et le laiton, est vendu à très-bas prix aux fabricants de miroirs et d'autres objets en bronze.

Par le traitement ci-dessus décrit, les fondeurs japonais arrivent à ne laisser dans les scories que 1 p. 100 et souvent moins de cuivre; quant aux métaux précieux, j'ai trouvé, en faisant une prise d'essai sur tous les tas de scories des environs d'Ykouno, une teneur moyenne de 533 grammes d'argent et 83 grammes d'or à la tonne (*).

Il est impossible de fournir aucune donnée économique du traitement ; la teneur des minerais traités, variant de 8 à 25 p. 100, fait varier du simple au double et souvent davantage les dépenses en main-d'œuvre et en combustible. On ne saurait obtenir d'un fondeur japonais communication de ses dépenses annuelles et de sa production ; il garde le plus grand secret sur ce sujet, à cause du fisc.

(*) Parmi les filons cuivreux d'Ykouno, il en est un qui contient de nombreux rognons de la grosseur du poing au *moins*; ces rognons renferment en moyenne 24 p. 100 d'eau, 25 p. 100 de *matière bitumineuse* et rendent, à l'essai, 310 grammes d'argent et 190 d'or à la tonne. La densité de ce curieux minerai est de 2,13; on y voit de minces veinules de pyrite; la surface est noire et brillante.

EXPLOSION

D'UN BOUILLEUR D'UN GÉNÉRATEUR A VAPEUR A LA FORGE, COMMUNE DE MOHON (ARDENNES).

Rapport de l'ingénieur des mines.

Le 23 juin 1873, vers sept heures du matin, une explosion de chaudière à vapeur, qui heureusement n'a causé que des dégâts matériels peu considérables, a eu lieu à la clouterie mécanique de M. Antoine Regnault, à la Forge, commune de Mohon. L'un des bouilleurs réchauffeurs latéraux (celui du bas) d'un générateur établi suivant le système Farcot s'est ouvert sur une longueur de $2^m,20$, a démoli une partie du fourneau en projetant les briques en avant et en laissant échapper des torrents de vapeur et d'eau chaude. Après un premier moment de panique, on constata qu'aucun ouvrier n'avait été atteint, la projection s'étant faite en avant du foyer, dans la direction opposée à celle des ateliers.

La chaudière dont il s'agit se compose d'un corps cylindrique de $9^m,85$ de longueur et 1 mètre de diamètre, surmonté d'un réservoir de vapeur de $0^m,80$ de hauteur et $0^m,70$ de diamètre et de deux bouilleurs réchauffeurs cylindriques, placés latéralement, qui ont chacun $10^m,50$ de longueur et $0^m,60$ de diamètre. La capacité totale du générateur est de $13^{m^3},975$ et sa surface de chauffe de 50 mètres carrés, savoir 15 mètres carrés pour la chaudière et 35 mètres carrés pour les deux bouilleurs. Cette chaudière a été construite au mois de décembre 1864; timbrée d'abord à 5 atmosphères et demie, elle a été rééprouvée le 30 mars 1867 et timbrée à 6 kilogrammes. Elle était munie de tous les appareils de sûreté prescrits et en bon état.

Le foyer est établi sous le corps cylindrique, dont la moitié inférieure est léchée par les produits de la combustion ; ceux-ci continuent tout autour du bouilleur supérieur, qui est à peu près au même niveau, et retournent à la cheminée par une troisième course autour du bouilleur inférieur. L'extrémité de la chaudière la plus éloignée du foyer est en communication avec l'extrémité correspondante du bouilleur supérieur par un tube formant siphon, qui est monté sur le dessus de ce bouilleur et plonge dans la chaudière au-dessous du niveau auquel l'eau doit y être maintenue. L'autre extrémité du bouilleur supérieur communique avec la tête du bouilleur inférieur par un tuyau extérieur à la maçonnerie du fourneau.

L'eau d'alimentation arrive du même côté dans le bouilleur inférieur, tandis qu'en suivant le principe du système Farcot, le tuyau d'alimentation devrait déboucher à l'autre bout du bouilleur inférieur, pour que l'eau marchât constamment en sens contraire des produits de la combustion.

La déchirure s'est produite sur la première virole du bouilleur inférieur, du côté de la communication avec le bouilleur supérieur. Elle s'est faite en ligne droite, suivant la génératrice supérieure, sur une longueur de $2^m,20$ et, à chaque extrémité, s'est continuée un peu obliquement sur environ $0^m,15$ du côté gauche. La virole a environ $2^m,50$ de longueur entre les rivures. La déchirure paraît avoir commencé vers le tiers de la longueur de la virole, sur un point où l'épaisseur de la tôle, qui est normalement de 8 à 9 millimètres, était réduite à moins de 1 millimètre. Tout le dessus de la virole a également perdu de son épaisseur, dans une proportion variable, mais beaucoup moindre. Cet amincissement ne s'étend d'ailleurs qu'à une faible distance de la génératrice supérieure, puisque des trous percés dans la tôle le long d'une génératrice distante de $0^m,20$ de cette première ont fait reconnaître une épaisseur variant de 7 à 8 millimètres. La tôle, qui est restée à peu près

lisse à l'extérieur, est gravée et rongée à l'intérieur comme par l'action d'un acide. C'est cet amincissement exagéré de la tôle qui ne lui a plus permis de résister à la pression et a déterminé l'explosion. Elle devait se produire d'un moment à l'autre sans que rien d'anormal dans la marche de la chaudière pût la faire craindre.

La chaudière avait été nettoyée un mois environ avant l'accident. On la vide ordinairement tous les trois mois. Le bouilleur inférieur était recouvert sur deux tiers de sa circonférence, à sa partie inférieure, d'une couche de tartre de 2 millimètres d'épaisseur qui se détachait facilement de la tôle. Ce tartre paraît être composé presque entièrement de carbonate de chaux et d'oxyde de fer.

Le feu avait été rallumé, comme d'habitude, vers trois heures du matin, le manomètre marquant encore une pression de 2 à 3 atmosphères. La machine avait été mise en marche à cinq heures, et environ un quart d'heure avant l'accident, on avait alimenté avec l'injecteur Giffard qui fonctionne deux fois par heure. La consommation de houille est de 1.300 à 1.400 kilogrammes par jour, de deux tiers de houille maigre de Charleroi avec un tiers de houille grasse de Liége, ce qui équivaut à peu près à 2 kilogrammes par heure et par mètre carré de la surface de chauffe totale de la chaudière. On peut considérer cette allure comme très-modérée, et peu capable de donner un coup de feu à une surface mouillée et déjà fort éloignée du foyer.

Nous croyons que la cause première de l'accident, la détérioration de la tôle, est due à un vice de construction dans la communication entre les deux bouilleurs.

Le tuyau qui établit le passage de l'eau du bouilleur inférieur au bouilleur supérieur est fixé sur les fonds en fonte qui ferment ces bouilleurs du côté du foyer. L'ouverture de ce tuyau sur le bouilleur inférieur a sa partie supérieure de 8 à 9 millimètres en contre-bas de la partie

supérieure du bouilleur. On comprend que la vapeur qui se produit dans ce bouilleur vient d'abord s'accumuler dans l'espace qui se trouve en contre-haut du tuyau de communication, avant de pouvoir se dégager par celui-ci. L'oxygène de l'air tenu en dissolution par l'eau se joint à la vapeur et exerce intérieurement une action oxydante qui est singulièrement favorisée par la présence de l'acide carbonique, ainsi qu'il résulte d'expériences faites par la société industrielle de Mulhouse; or nous avons reconnu que l'eau de la rivière de Vence, employée pour l'alimentation de la chaudière de la Forge, contient 4 millièmes en volume d'acide carbonique. Il faut tenir compte aussi des variations de température qu'éprouve le bouilleur entre deux alimentations successives. Nous avons cherché à évaluer ces variations en exécutant quelques expériences sur une chaudière installée dans des conditions presque identiques et consommant à peu près le même poids de houille par mètre carré de surface de chauffe. Nous avons constaté que la température de la fumée était de 350° à l'entrée des réchauffeurs, 200° au passage du premier au second bouilleur et 160° à la sortie; mais comme la température mesurée est une moyenne entre celles des divers filets gazeux qui suivent les carneaux, elle était plus considérable à la partie supérieure qu'à la partie inférieure, et l'on peut admettre qu'elle atteignait 230 à 240° au point où les gaz chauds passent du carneau supérieur au carneau inférieur. Il est à remarquer que ce point correspond à celui du bouilleur inférieur où la tôle est le plus complétement rongée, et que c'est là que le courant des gaz chauds devait le frapper avec le plus d'intensité et dans une direction à peu près normale à la surface chauffée.

Pendant l'alimentation, les vapeurs se condensent et la température s'abaisse rapidement à 164°, correspondant à celle de l'eau sous la pression de 6 kilogrammes. Ces changements brusques de température sont certainement ac-

compagnés de contractions et de dilatations qui, quoique relativement faibles, se renouvellent assez fréquemment pour fatiguer peut-être le métal et lui faire perdre de sa qualité. Mais si l'on ne veut pas attribuer une influence prépondérante à cette cause, on ne peut au moins contester que les oscillations du niveau de l'eau dans le bouilleur ne favorisent l'entraînement des parties attaquées, et, mettant à nu la surface du métal, ne facilitent l'action corrosive exercée par l'oxygène et l'acide carbonique. Il en résulte que la tôle se ronge progressivement, et qu'au bout d'un certain temps elle se trouve assez amincie pour céder à la pression.

D'après les essais que nous avons faits au laboratoire de Mézières, l'eau d'alimentation n'a d'ailleurs aucune réaction acide. Elle titre 20° 1/2 à l'hydrotimètre et contient, outre 4 centimètres cubes d'acide carbonique, 195 milligrammes de carbonate de chaux et 8 milligrammes de sels de magnésie par litre; les sulfates et les chlorures n'y sont qu'à l'état de traces. C'est donc une eau de bonne qualité, et qui n'est pas de nature à former des dépôts incrustants.

Nous devons ajouter encore que le nerf de la tôle était disposé suivant la longueur des bouilleurs, et non dans le sens transversal, comme il convient de faire pour obtenir la plus grande résistance, et que, pendant l'hiver rigoureux de 1870-1871, cet appareil est resté plein d'eau et a subi les atteintes de la gelée, ce qui a dû beaucoup fatiguer le métal. La chaudière a subi pour ce fait une réparation qui n'a pas paru utile pour les bouilleurs. Quoi qu'il en soit, nous pensons que ces faits, par eux-mêmes, ont eu peu d'influence sur l'explosion du bouilleur.

Nous concluons qu'il faut attribuer cet accident à un vice de construction de l'appareil, qui ne permettait pas à la vapeur qui pouvait se former dans le bouilleur inférieur de s'en dégager facilement pour se rendre au réservoir de vapeur.

Le moyen préventif est tout indiqué. Il consiste à placer l'ouverture de la communication entre les deux bouilleurs, tout à fait à la partie supérieure du bouilleur inférieur, ou bien, pour les chaudières déjà installées, à faire communiquer ce bouilleur avec le réservoir de vapeur par un petit tube. Dans le premier cas, on évite complétement la formation d'un matelas d'air et de vapeur ; dans le second, on envoie les gaz dans le dôme où ils sont inoffensifs.

Le rapport présenté à la *Commission centrale des machines à vapeur*, dans sa séance du 23 septembre 1874, par M. l'ingénieur en chef Hanet-Cléry, résume les faits contenus dans le rapport de M. l'ingénieur ordinaire Nivoit, et se termine par quelques observations dont voici la substance :

Les explosions de réchauffeurs dans des chaudières à bouilleurs latéraux ne sont pas rares. Elles sont dues le plus souvent à la formation d'une chambre d'air et de vapeur au-dessus, ou dans le voisinage, du tuyau de communication alimentaire. On se rappelle en particulier l'explosion arrivée le 16 janvier 1871 à un réchauffeur de la machine du puits Monterrad (Loire), laquelle a été l'objet d'un rapport inséré dans les *Annales des mines.*

Il y a lieu, dans le cas présent, de remarquer cette usure d'une partie de la chaudière arrivant, sans avoir été aperçue, à embrasser la presque totalité de l'épaisseur de la tôle sur 2 mètres de longueur environ. En général, la surveillance des chaudières, au point de vue de l'usure du métal, n'est pas suffisamment sérieuse. On se borne à faire faire des nettoyages périodiques ou des piquages, quand les dépôts atteignent une épaisseur notable ; ce travail est fait le plus souvent par des ouvriers peu compétents, parfois même par des enfants. La responsabilité des industriels

pouvant se trouver engagée quand l'accident provient du mauvais état de la chaudière, il y aurait intérêt pour eux à les faire visiter plus soigneusement. Cette visite devrait être faite par des ouvriers chaudronniers qui s'assureraient du degré de solidité que conservent les différentes parties de la chaudière. On pourrait alors remédier à temps aux détériorations causées par les mauvaises dispositions de construction ou les vices originels de fabrication.

La commission approuvant les observations du rapporteur, a, sur sa proposition, émis l'avis :

1° Que l'accident est dû à une disposition défectueuse du générateur, principalement de la communication établie entre les deux tubes réchauffeurs, laquelle a eu pour résultat la formation intermittente d'une chambre remplie d'air et de vapeur, dans une partie en contact avec les gaz de la combustion dont la paroi supérieure a été peu à peu corrodée jusqu'au point de ne pouvoir résister à la pression normale de marche;

2° Qu'il y aurait intérêt, en raison des circonstances de l'accident et des faits contenus dans le rapport de M. Nivoit, de publier ce rapport dans les Annales des mines et des ponts et chaussées, avec l'avis de la Commission, en rappelant à cette occasion, que si un vice de construction engage la responsabilité du fabricant, la responsabilité du propriétaire peut également être mise en jeu, dans le cas, par exemple, où l'accident eût pu être évité moyennant une surveillance plus efficace de l'état d'entretien des chaudières, et qu'à ce point de vue il est nécessaire, surtout pour des chaudières déjà anciennes, que des visites très-soignées soient faites par des ouvriers compétents, de manière à faire reconnaître, dans la mesure du possible, le degré de solidité des différentes parties des appareils.

NOTES

SUR

LA PRÉPARATION MÉCANIQUE ET LA CARBONISATION DE LA HOUILLE

A L'ÉTRANGER ET EN FRANCE

Par M. A. PERNOLET, ancien élève de l'École des mines de Paris.

DEUXIÈME PARTIE (*).

BROYAGE ET MÉLANGEAGE DES CHARBONS.

La houille lavée pourrait fort bien, au sortir du lavoir, être chargée directement dans les fours à coke ; mais, le plus généralement, on la soumet à un broyage préalable qui, amenant le charbon à un état de division extrême, donne au coke une grande homogénéité de grain et une ténacité très-recherchées pour les hauts fourneaux à grandes dimensions.

Ce broyage est aussi un moyen, lorsqu'on ne lave pas ou ne lave qu'incomplétement, de dissimuler à l'œil, en les répartissant également dans toute la pâte, les impuretés du charbon : il donne toujours au coke un aspect flatteur que ne peuvent pas négliger les fabricants.

Le broyage est d'ailleurs une nécessité toutes les fois qu'on veut introduire dans le coke des charbons de natures différentes qu'il faut amener à un grain uniforme pour en faciliter le mélange : plus le grain est fin, plus le mélange est intime et meilleure est l'apparence du coke, dans lequel un broyage insuffisant laisserait distinguer par l'œil le moins exercé les différentes natures des charbons entrant dans sa composition. C'est ainsi qu'on voit quel-

(*) Voir *Annales des mines*, 7e série, tome II, p. 115 à 144.

quefois, lorsque l'on a fait entrer dans le coke une certaine proportion de charbon maigre insuffisamment broyée, des morceaux de charbon mal cuits enchâssés dans une pâte fondue et bien levée.

Le mélange et le broyage se font tantôt dans deux appareils distincts, tantôt dans un appareil unique.

Au Creuzot, par exemple, les différentes espèces de charbons sont amenées en proportions voulues, par des vis sans fin, dans un grand malaxeur vertical à palettes, avec chicanes fixes portées par le cylindre malaxeur qui les livre aux broyeurs. Dans ces conditions-là, comme toutes les fois qu'on n'agit pas directement sur chaque grain pour ainsi dire, le mélange est très-peu homogène; je ne parlerai donc pas de cette disposition, pas plus que des vis mélangeuses et autres systèmes bien connus, mais peu efficaces.

A Anzin, au contraire, le broyage et le mélangeage se font dans un même appareil — *le broyeur Carr* — qui donne là des résultats excellents. Dans cet appareil complétement original, on introduit le charbon à broyer et à mélanger au centre de deux séries concentriques de barreaux tournant en sens inverses avec des vitesses considérables, et se renvoyant l'un à l'autre, avec une force proportionnelle à leur masse, les morceaux à briser. Ainsi, pris pour ainsi dire un à un et soumis à l'action directe des barreaux du broyeur en même temps qu'à la force centrifuge qui les projette vers la circonférence, les moindres morceaux sont rapidement désagrégés et leurs éléments se mêlent aussi intimement que possible.

C'est cet appareil et l'ensemble des dispositions adoptées ces dernières années à Anzin pour le mélangeage en proportions définies et le broyage des charbons, que je décrirai exclusivement dans cette deuxième partie, pensant que le type d'installation auquel on s'est arrêté à Anzin en 1872, après bien des études et des essais, est ce qu'il y a de meilleur en ce genre.

I. — Broyeur Carr.

Description de l'appareil. — Le broyeur Carr, dont la Pl. VII, *fig.* 1 donne la coupe verticale, se compose d'un arbre en acier trempé AA, porté par deux paliers B, B', sur lequel sont enfilés deux disques C et D, venus de fonte avec des arbres creux dont ils forment l'extrémité, et qui portent, calées sur eux, deux poulies motrices F et F' de 0m,40 de diamètre.

Chacun de ces disques porte deux couronnes de barreaux en acier G, G' et H, H'. Ces couronnes de diamètres différents, mais de même centre, constituent l'appareil broyeur proprement dit.

Un support I porte une main de fer K, qui, pénétrant à l'intérieur de la première couronne, empêche la matière introduite au centre du broyeur de suivre son mouvement de rotation.

Une enveloppe en tôle LL' recouvre le tout : elle présente latéralement une trémie M qui, aboutissant au centre du broyeur, sert à l'introduction de la matière à broyer.

Une plaque d'assise en fonte NN', d'une seule pièce, avec nervures transversales la fortifiant, reçoit les deux paliers-supports, le support I et l'enveloppe.

Les arbres creux, qui portent les disques, reposent sur l'arbre fixe par quatre bagues en bronze P, P' et Q, Q' qui forment coussinets et sont lubrifiés par de l'huile qu'on introduit par un trou fermé, au moyen d'un bouchon à vis, dans les deux vides annulaires R, R'.

Pour maintenir l'écartement des disques sur l'arbre fixe, on a intercalé entre eux un anneau en bronze *s* de 15 millimètres d'épaisseur.

Deux anneaux analogues en bronze, *s'* et *s''*, empêchent les extrémités des arbres creux de frotter contre les paliers B, B'.

Quant aux quatre couronnes G, G′ et H, H′, constituant le broyeur proprement dit, elles sont composées comme suit :

La première, G, d'un diamètre de $1^m,20$, a 34 barreaux de 25 millimètres de diamètre, écartés l'un de l'autre de $110^{mm}.9$.

La deuxième, H, d'un diamètre de $1^m,030$, a 31 barreaux de 27 millimètres, écartés de $104^{mm},4$.

La troisième, G′, d'un diamètre de $0^m,844$, a 27 barreaux de 30 millimètres carrés, écartés de $98^{mm},2$.

La quatrième, H′, d'un diamètre de $0^m,676$, a 23 barreaux de 35 millimètres, écartés de $92^{mm},3$.

La longueur constante des barreaux des trois dernières couronnes est de 250 millimètres, tandis que celle des barreaux de la couronne extérieure est de 300 millimètres.

Les barreaux de chaque couronne, rivés d'un côté dans le disque qui les porte (voy. la *fig.* 1 de la Pl. VII), sont reliés à leur extrémité libre par un cercle en fer forgé sur lequel ils sont également vissés.

Dimensions principales. — Les dimensions principales du type de broyeur adopté à Anzin sont les suivantes :

	mètres.
Diamètre extérieur du broyeur.	1,200
Diamètre extérieur de l'enveloppe.	1,600
Largeur du broyeur. Intervalle des deux disques. .	0,290
Largeur de l'enveloppe.	0,460
Hauteur de l'arbre au-dessus de la plaque d'assise..	0,710
Longueur de l'arbre fixe-d'axe en axe des paliers. . .	1,680
Diamètre de l'arbre fixe.	0,110
Épaisseur des bagues ou coussinets en bronze. . . .	0,015
Longueur de chacune des bagues suivant l'axe. . . .	0,200

Poids total de l'appareil.	2.520 kilog.
Prix avec barreaux en acier (en 1869).	3.100 fr.
Poids de l'enveloppe en tôle.	340 kilog.
Prix de l'enveloppe (1869).	340 fr.

Détails de construction. — Comme détails de construction, je donnerai les indications suivantes qui résultent de

l'expérience acquise à Anzin, et qui permettront d'éviter bien des ennuis dans une installation nouvelle :

Les coussinets ou bagues — qui, d'abord en bronze, avaient été remplacés par des bagues en acier — se font maintenant toujours en bronze très-dur formé de 82 de cuivre et 18 d'étain.

Pour maintenir l'intérieur de l'enveloppe parfaitement libre et faciliter l'évacuation des charbons broyés, on place aux extrémités d'un même diamètre du plus grand des deux disques deux raclettes V, formées chacune d'une cornière en acier (voir la *fig.* 2 de la Pl. VII) fixée par trois boulons de 15 millimètres sur un fer plat reliant les deux joues de la première couronne.

Là où les deux disques frottent l'un contre l'autre, on a supprimé tous les recouvrements qui existaient dans les premiers appareils : les deux disques sont aujourd'hu purement et simplement rigoureusement dressés sur toute la partie en contact, et l'on interpose entre eux une rondelle en bronze dur de 15 millimètres d'épaisseur.

Pour faciliter la visite et le nettoyage de l'appareil, on a dû disposer l'enveloppe — qui, dans les premiers appareils, ne présentait qu'une ouverture — de manière à ce qu'elle puisse très-facilement être ouverte en tous ses points.

Fondations. — Dans tous les ateliers de broyage d'Anzin, le broyeur Carr est installé sur deux massifs en briques et ciment, avec couronnement en pierres de taille laissant entre eux une fosse de $0^{m},85$ de largeur dans laquelle tombe le charbon broyé. Ces massifs sont reliés l'un à l'autre par la plaque d'assise de l'appareil. Pour résister aux grandes vitesses auxquelles marchent ces appareils, il est indispensable de les asseoir sur des maçonneries bien établies. A Anzin, tous les massifs ont dû être successivement fortifiés : actuellement, ils ont 1 mètre de largeur en haut, $1^{m},12$ en bas, sur $2^{m},20$ de longueur en haut, et en bas pour une hauteur totale de $2^{m},200$.

Débit d'un pareil broyeur. — Un broyeur semblable, marchant à la vitesse de 350 tours, dessert une batterie de 80 fours à coke du système belge, cuisant 22 hectolitres de charbon en vingt-quatre heures. La charge des 80 fours se faisant en dix heures, on voit que le débit du broyeur est de $\frac{22 \text{ hectolitres} \times 90 \text{ kilog.} \times 80}{10 \text{ heures}}$, soit 15 tonnes à l'heure. Les charbons qu'on livre au broyeur sont des fines ayant passé à travers des cribles dont les barreaux sont écartés de 11 à 17 millimètres : ces charbons sont lavés et ils arrivent au broyeur tout mouillés encore, mais on a constaté que le broyage se faisait d'autant mieux que le charbon était plus sec.

Degré de finesse du charbon broyé. — Quant au degré de finesse auquel on arrive avec ces broyeurs, il est déjà extrême à la vitesse de 350 tours. Cette finesse a une grande importance au point de vue de la fabrication du coke, elle permet d'y faire entrer une proportion de charbon maigre beaucoup plus forte, et cela d'autant mieux que lorsque les charbons à mélanger sont livrés simultanément au broyeur, le broyage par l'appareil Carr produit un mélange aussi complet que possible. Grâce à cet appareil, la compagnie d'Anzin est arrivée à introduire dans ses cokes jusqu'à 33 p. 100 de charbon mi-gras non collant.

Force motrice nécessaire. — Quant à la force motrice nécessaire pour un broyeur marchant à 350 tours et débitant de 12 à 15 tonnes de charbon par heure, on peut admettre qu'elle est plus que double de celle qu'exigent des cylindres broyeurs ordinaires.

Ce fait est établi très-nettement par l'observation suivante :

A l'atelier de broyage de Saint-Vaast, près Anzin, la même machine motrice menait en 1868 deux systèmes de cylindres broyeurs formés chacun de quatre cylindres de $0^m,40$ de diamètre et $0^m,70$ de longueur, dont deux lisses et deux

cannelés. Chaque système de broyeurs desservait un massif de 80 fours et passait par conséquent de 12 à 15 tonnes par heure en marchant à moins de 100 tours par minute.

En 1869, on remplaça l'un des systèmes de broyeurs par un broyeur Carr qui dessert un seul groupe de 80 fours, et ce broyeur unique est actionné par la même machine motrice qui en a sa charge pleine.

Voici d'ailleurs les données numériques permettant de déterminer le rapport exact de la force absorbée pour le broyage dans les deux cas :

La machine motrice est une machine horizontale commandant, par poulies et courroies, les broyeurs, la chaîne à godets qui relève le charbon au-dessus des broyeurs, et la chaîne à godets qui élève le charbon broyé au-dessus des fours à coke. La première noria relève le charbon de $4^m.50$, et la seconde les élève à $8^m,80$. Après la substitution du broyeur Carr aux cylindres, la première noria est restée la même, tandis que la hauteur dont la seconde élève les charbons broyés a été portée à $11^m,50$.

Les dimensions de la machine motrice sont les suivantes :

Diamètre du piston.	$0^m,400$
Surface du piston.	1.256 centimèt. q.
Course du piston.	$0^m,600$

Il a été fait plusieurs expériences dans les deux cas, en faisant marcher la machine à des vitesses différentes et en relevant des diagrammes les broyeurs marchant à vide, puis les broyeurs marchant en charge, de manière à obtenir par différence, le travail absorbé par le broyage seul du charbon. Partant de ces diagrammes, j'ai établi le tableau suivant qui résume les expériences :

	CYLINDRES broyeurs.	BROYEURS Carr.
Nombre de tours de la machine motrice.	54	54
Nombre de tours des broyeurs.	90	353
Charbon broyé par minute, mesuré à la noria qui élève le charbon au-dessus des broyeurs.	kilog. 483	kilog. 464,40
Charbon broyé par seconde.	8,05	7,74
Travail absorbé par seconde en kilogrammètres, calculé d'après les diagrammes relevés sur la machine motrice dans les cas ci-contre : Par la machine, les transmissions, un broyeur à charge et un broyeur à vide.	kilogrammètres. 2.130	kilogrammètres. »
Par la machine, les transmissions et le broyeur Carr à charge.	. . . . . .	2.761
Par la machine, les transmissions et les broyeurs à vide.	1.511	1.351
Par le broyage et l'élévation du charbon dans les norias.	619	1.410
Par l'élévation du charbon dans les norias.	107	346
Par le broyage du charbon seul.	512	1.014
Par le broyage d'un kilogramme par seconde.	49	135
Force nécessaire pour broyer 500 kilog. de charbon par minute.	406	1.124
Rapport de la force exigée par le broyeur Carr à celle exigée par les cylindres pour broyer la même quantité de charbon.	. . . . . .	2,75

On voit donc que le broyeur Carr exige une force presque triple de celle exigée par les broyeurs à cylindre.

C'est là un inconvénient très-grave qui, dans bien des cas, est largement compensé par la perfection du mélange obtenu et, dans une certaine mesure aussi, par le degré de pulvérisation auquel on arrive; néanmoins, dans le cas où l'on n'aurait pas à mélanger des qualités de charbons diverses, il conviendrait d'étudier avec soin si la qualité du charbon à carboniser ne permet pas de se contenter d'un broyage ordinaire; dans ce cas il sera souvent plus économique de s'en tenir aux broyeurs à cylindres, qui coûtent moins, dépensent moins de force et exigent moins d'entretien.

II. — Atelier de mélangeage et de broyage de l'Enclos à Denain.

Parmi les nombreux ateliers de mélangeage et de broyage que possède la compagnie des mines d'Anzin, le mieux disposé, selon moi, est celui de l'Enclos qui dessert une

longue ligne de fours à coke installés à l'extrémité de la gare d'eau de Denain.

La disposition générale adoptée pour cet atelier est celle qu'on a suivie dans toutes les installations faites depuis, sauf quelques variantes qu'exigeaient la configuration du sol ou d'autres circonstances locales : je la donne donc comme le type auquel s'est arrêtée la compagnie d'Anzin.

Une seule chose est vicieuse dans cette installation, c'est la machine : elle est trop faible pour deux broyeurs et la commande se fait d'une façon défectueuse. Cette insuffisance de la machine n'a aucune importance à l'Enclos, parce qu'un seul broyeur Carr suffit au service des fours à coke de cet atelier ; mais dans le cas où l'on devrait mener simultanément deux broyeurs, il faudrait donner à la machine les dimensions de celles de Rœulx, que je ferai connaître plus loin.

Description générale de l'atelier. — L'atelier de mélangeage et de broyage des fours à coke de l'Enclos, dont la Pl. VII donne le plan et la coupe, est un grand hangar en pans de bois et briques de $11^{m},860$ de largeur sur 18,460 de longueur, établi le long d'une voie ferrée A, A sur laquelle circulent les wagons B apportant les caisses *b*, *b'* contenant le charbon lavé. Une grue tournante *c*, *c'*, dressée en avant de l'atelier, en son milieu, permet d'élever ces caisses, qui portent à Anzin le nom de *caisses à grue*, au-dessus des trémies à deux compartiments *d*, *d'* qui amènent le charbon au distributeur de chaque système de broyeur. Dans l'un des compartiments on met le charbon gras, dans l'autre le charbon maigre.

L'atelier proprement dit comprend :

Une machine motrice N ;

Deux systèmes de broyeurs Carr avec leurs dépendances MM et M'M' ;

Les transmissions reliant la machine aux broyeurs LL', etc.

Chaque système de broyeur se compose :

1° D'un distributeur E, E', au-dessus duquel débouchent les deux trémies *d*, *d'*, que ferment les vannes *p*, *p'*, et dans lesquelles s'emmagasinent les charbons apportés par les caisses à grue ;

2° D'une chaîne à godets G, G', prenant les charbons à mélanger que le distributeur lui livre en proportion déterminée, et venant les verser au-dessus du broyeur ;

3° Du broyeur Carr H ;

4° D'une chaîne à godets II', prenant le charbon broyé et mélangé dans une fosse établie au-dessous du broyeur et le relevant au-dessus des fours à coke dans une trémie J débouchant sur la passerelle des fours, à une hauteur suffisante pour que les wagonnets de chargement puissent venir se faire remplir au-dessous.

L'ensemble de cette installation est nettement indiqué sur la coupe verticale de l'atelier (*fig.* 3 de la Pl. VII), coupe sur laquelle j'ai marqué par une flèche la marche des charbons depuis le moment où ils arrivent dans les caisses à grue jusqu'au moment où ils tombent mêlés et broyés dans les wagonnets de chargement des fours à coke.

Pour l'agencement des charpentes, la transmission du mouvement et tous les détails de construction, voir la Pl. VIII qui donne la vue de face et la coupe transversale d'un broyeur et de ses dépendances. Les lettres sont les mêmes que sur la Pl. VII.

Revenons rapidement sur chacun des appareils de cet atelier.

Machine motrice. — La machine motrice est une machine verticale qui, dressée au milieu de l'atelier contre deux contreforts du mur de fond, commande par l'arbre *h* la roue d'engrenage *m* et les deux pignons *n*, les deux arbres de transmission LL et L'L' qui mènent par poulies et courroies les broyeurs et leurs dépendances. Cette commande par engrenages coniques n'est pas à recommander, mieux

vaudrait commander les transmissions par un engrenage droit assez massif pour servir de volant.

Les dimensions de la machine sont les suivantes :

Diamètre du piston.	0m,440
Surface du piston.	1cq,520
Course du piston.	1m,100
Vitesse normale.	36 tours par minte.

L'engrenage moteur en fonte a 124 dents et les pignons qu'il actionne n'ont que 55 dents.

Le rapport des engrenages est donc de 1 : 2,254.

Les dents des pignons menés sont en bois.

Cette machine, qu'on possédait et qu'on a utilisée, est trop faible pour mener simultanément les deux broyeurs, aussi le second ne sert-il que de réserve, et je dois dire que cette réserve n'est pas de trop pour assurer la régularité du service.

Distributeur. — Le distributeur, qui reçoit de chacun des compartiments de la grande trémie de réception D (voir Pl. VII) les deux espèces de charbon à mélanger, se compose (voir la *fig.* 2 de la Pl. VIII qui donne la coupe du distributeur et montre la manière dont il reçoit le mouvement, et les *fig.* 5, 6, 7 et 8 de la Pl. VII qui font connaître les différents détails) de deux parties distinctes :

1° Une trémie fixe en tôle E (*fig.* 5 de la Pl. VII) établie au ras du sol de l'atelier, et recevant dans deux compartiments formés par un registre vertical en tôle *e*, les deux espèces de charbons que laisse écouler peu à peu la grande trémie *d* ;

2° Un cylindre distributeur en fonte F (*fig.* 6 de la Pl. VII) présentant six augets de même longueur et de même largeur que la base de la trémie à laquelle le cylindre distributeur sert de fond. Ce cylindre, qui tourne dans un logement ménagé *ad hoc* au-dessous de la trémie,

vient verser au-dessous de lui à chaque sixième de tour le charbon contenu dans un auget, soit $0^{m^3},2226$.

Une cloison *f* formée d'une tôle fixée par quatre boulons, divise en deux capacités de grandeurs variables à volonté chaque auget. C'est cette cloison qui, faisant suite au diaphragme de la trémie supérieure, règle les proportions du mélange. Les deux espèces de charbons versées dans la trémie sont prises par le guichet distributeur en quantités proportionnelles aux deux capacités de chaque auget et versées ensemble dans la fosse où le prend la chaîne à godets G.

On règle les proportions du mélange, une fois pour toutes, en fixant le diaphragme de la trémie au moyen de cornières boulonnées sur la trémie, et la cloison des augets au moyen de boulons s'engageant dans des trous forés pour les recevoir. Lorsqu'on veut changer les proportions du mélange, il suffit de déplacer le diaphragme et les cloisons de manière à diviser les augets en deux capacités, qui soient entre elles comme les proportions dans lesquelles on veut mêler les charbons.

Le cylindre distributeur prend son mouvement sur l'axe inférieur *j* de la petite chaîne à godets (voir la Pl. VIII), au moyen des deux roues dentées et d'une chaîne de Galle sans fin.

La grande roue, calée sur l'axe du cylindre distributeur, a $0^{m},666$ de diamètre (cercle primitif) et 63 dents.

La petite roue, calée sur l'axe de la chaîne à godets, a $0^{m},148$ de diamètre (cercle primitif) et 14 dents.

Ces roues sont en fonte et leur section à la jante est donnée par la *fig.* 7 de la Pl. VII.

Quant à la chaîne de Galle, sa disposition et ses dimensions sont indiquées sur la *fig.* 8 de la Pl. VII, à laquelle je renvoie.

Chaîne à godets. — Le charbon, versé par le cylindre distributeur dans le vide laissé libre au-dessous de lui, est recueilli par la chaîne à godets G, G', qui prend son mouve-

ment (voir la *fig.* 2 de la Pl. VIII), par poulies et courroie, sur l'arbre général de transmission L. Cette noria se compose de deux chaînes sans fin à maillons plats, s'infléchissant à leurs extrémités sur des croisillons hexagonaux en fonte recevant, dans les encoches ménagées à leurs angles, les entretoises en fer rond qui relient deux à deux les maillons de chaque chaîne. De trois en trois maillons, ces chaînes portent un godet fixé par trois rivets à chacune d'elles. Les axes des deux croisillons extrêmes tournent dans des paliers fixés sur un châssis en bois dont la disposition est indiquée sur la Pl. VIII; le palier inférieur glisse dans une chappe en fonte à l'intérieur de laquelle il est maintenu par une tige filetée permettant de tendre plus ou moins la chaîne à godet.

Les *fig.* 3, 4, 5, 6, 7, 8 et 9 de la Pl. VIII donnent la forme et les dimensions de chacun de ces éléments.

Quant aux dimensions principales de la chaîne à godet, les voici :

Longueur de la chaîne à godets. Écartement d'axe en axe des croisillons.	mètres. 4,344
Hauteur verticale dont le charbon est élevé par la noria.	5,500
Nombre de maillons par chaîne.	30
Écartement intérieur des maillons.	0,444
Nombre total des godets.	10
Capacité de chaque godet.	17 litres.
Diamètre de la poulie motrice, portée par l'arbre de transmission.	mètres. 0,840
Diamètre de la poulie réceptrice.	0,600
Diamètre du pignon moteur de la chaîne à godets, porté par l'axe de la poulie réceptrice.	0,125
Diamètre de l'engrenage calé sur l'axe du croisillon supérieur.	0,700
Nombre de tours de croisillons par minute en marche normale.	20,18
Nombre de godets passant par minute, deux par tour de croisillon.	40,36
Débit de la chaîne à godets par minute.	686 litr.

La noria prenant 17 litres $\times$ 2 = 34 litres de charbon par tour, et le cylindre distributeur en débitant 22^lit.^,26 $\times$ 6 = 133^lit.^,56, il faut que la vitesse de la noria soit à celle du distributeur comme 34 est à 133,56, c'est-à-dire comme 1 : 3,9. Mais comme les godets ne se remplissent jamais qu'imparfaitement, tandis que, par suite de la construction même du distributeur, les augets sont toujours rigoureusement pleins, on a réduit le rapport des vitesses à 1 : 4,5 ; sans cette précaution, le charbon s'accumulerait au-dessous du distributeur et entraverait la marche des appareils.

Broyeur Carr. — Le charbon relevé par la chaîne à godets, est versé dans la trémie du broyeur Carr H (voir la *fig.* 2 de la Pl. VIII) dont l'axe est reporté à 0^m^,540 à gauche de l'axe du distributeur et de la noria. (Voir la *fig.* 1 de la Pl. VIII et la *fig.* 4 de la Pl. VII.)

Ce broyeur est identique à celui dont j'ai donné précédemment la description et le dessin. Quant à son installation et à sa commande, elles sont assez clairement indiquées sur la Pl. VIII pour que je me contente d'y renvoyer et de donner ici les diamètres des poulies de transmission :

	mètres
Diamètre des poulies motrices, calées sur l'arbre général des transmissions à 1^m^,35 l'une de l'autre. .	1,600
Diamètre des poulies réceptrices, calées sur les arbres-creux des disques du broyeur.	0,400
Avec ces diamètres de poulies, le broyeur fait environ	325
tours par minute lorsque la machine marche à sa vitesse normale de.	36 tours.

Le broyeur est installé au-dessus d'une fosse de 0^m^,85 de largeur, dont le fond disposé en plan incliné, comme le montre la *fig.* 2 de la Pl. VIII, amène le charbon aux godets de la grande noria I.

Seconde chaîne à godets. — Cette seconde chaîne à godets, dont la disposition et la commande sont suffisamment indiquées sur les Pl. VII et VIII, est composée d'éléments iden-

tiques à ceux de la première noria. Elle n'en diffère que par sa longueur qui a obligé à la soutenir en trois points par des galets en fonte avec gorge, recevant les maillons de la chaîne et ayant 0^{m},320 de diamètre en gorge.

Son rôle, est ainsi que je l'ai dit, de prendre le charbon broyé au-dessous du broyeur et de l'élever au-dessus des fours à coke pour venir le verser dans les wagonnets qui circulent sur les fours et servent à leur chargement.

Cette noria est menée, comme la première, par une courroie qui prend son mouvement sur une poulie calée sur l'arbre général des transmissions, et qui le transmet à une poulie calée sur l'axe portant le pignon, moteur de la chaîne à godets : ici la commande se fait, comme le montre la Pl. VIII, par les croisillons inférieurs.

Quant aux dimensions principales de la chaîne à godets, les voici :

Longueur de la chaîne à godets. Écartement d'axe en axe des croisillons.	mètres. 8,688
Hauteur verticale dont le charbon est élevé par la noria.	9,500
Nombre de maillons par chaîne.	54
Écartement intérieur des maillons.	0,444
Nombre total des godets.	18
Capacité de chaque godet.	17 litres.
Diamètre de la poulie motrice portée par l'arbre de transmission.	mètres. 0,840
Diamètre de la poulie réceptrice.	0,600
Diamètre du pignon moteur de la chaîne à godets, calé sur l'axe de la poulie réceptrice.	0,125
Diamètre de l'engrenage calé sur l'axe du croisillon inférieur.	0,700
Nombre de tours de croisillons par minute en marche normale.	20,18
Nombre de godets passant par minute, deux par tour de croisillon.	40,36
Débit de la chaîne à godets par minute.	686 litr.

On voit que cette seconde noria prend exactement la

même quantité de charbon que la première ; cela n'a pas grand inconvénient à l'Enclos, où les vitesses relatives du distributeur et de la première noria sont réglées de telle sorte que les godets ne sont jamais pleins. Sans cela il faudrait donner à la noria des fours une vitesse un peu supérieure à celle de la noria du distributeur, parce que le foisonnement produit par le broyage fait que le volume à enlever au-dessous du broyeur est notablement supérieur à celui qu'on lui livre.

Fondations.— Toutes les fondations de cet atelier, ainsi que les massifs en maçonnerie qui portent l'arbre de transmission, sont en briques et ciment, avec couronnement en pierres bleues. Les massifs sont reliés deux à deux par des voûtes qui établissent une solidarité complète entre toutes les parties. On ne saurait trop soigner ces maçonneries ; la grande vitesse des appareils qu'elles supportent oblige à les faire massives et bien liées, et en substituant le ciment au mortier dans leur construction, on a l'avantage, lorsque la maçonnerie est bien faite, d'obtenir une solidarité complète entre toutes les parties. J'en recommande donc l'emploi dont on s'est fort bien trouvé à Anzin.

Transmissions et vitesses relatives.— Après les fondations qui constituent l'assiette des appareils, ce qu'il importe le plus d'étudier avec soin dans l'installation d'un atelier de ce genre, ce sont les vitesses relatives des différents appareils. Il faut calculer les diamètres des poulies et des engrenages de manière à ce que la première noria prenne tout ce que lui fournit le cylindre distributeur, et de manière à ce que la seconde noria marche un peu plus vite que la première, si les godets sont des mêmes dimensions, pour tenir compte de l'accroissement de volume produit par le broyage.

En parlant de chaque appareil, j'ai déjà donné les dimensions des poulies et des engrenages qui déterminent leurs vitesses relatives. Voici encore quelques chiffres qui

permettent de bien se rendre compte des rapports de vitesses qui existent entre les différents appareils de l'atelier :

Vitesse normale de la machine motrice. Tours par minute.	36
Rapport des engrenages reliant à la machine motrice l'arbre général des transmissions, 1 étant l'engrenage moteur.	1:2,254
Vitesse normale des poulies calées sur l'arbre général des transmissions, nombre de tours par minute.	81,140
Rapport des poulies motrices et réceptrices du broyeur Carr.	1 : 4

Le broyeur fait donc $9^t,016 = 2,254 \times 44$ par tour de machine motrice.

Vitesse normale du broyeur. Tours par minute. . .	325
Rapport des poulies motrices et réceptrices des norias.	1,4 : 1
Rapport des engrenages transmettant le mouvement aux croisillons des norias.	1,78 : 1

Les croisillons des norias font donc $0^t,560 = 1,4 \times 1,78 \times 2,254$ par tour de machine.

Vitesse normale des norias. Nombre de tours des croisillons des norias par minute.	20,18

Comme, par tour de croisillon, il passe deux godets contenant environ 17 kilogrammes de charbon, le débit des norias par minute est de 686 litres.

Quant au cylindre distributeur, le rapport des engrenages qui le relient à la première noria, est 0,234 : 1, c'est-à-dire qu'il fait $0^t,234$ par tour de croisillon des norias ; donc sa vitesse normale ou le nombre de tours qu'il fait par minute est de $0,234 \times 20,18 = 4,72$, ce qui correspond à un débit par minute de 630 litres.

Ainsi donc :

Le distributeur livre à la première noria 630 litres de charbon par minute, le broyeur broie ce charbon à la

vitesse de 325 tours par minute, et la noria peut prendre, pour les livrer aux fours à coke, 686 litres de charbon par minute ; en poids il passe environ 242 kilogrammes de charbon par minute, poids effectif ; le poids théorique est de 500 kilogrammes environ, mais les godets ne sont jamais remplis qu'à moitié.

Travail absorbé. Effet utile. — Des diagrammes relevés sur le cylindre moteur, avec l'indicateur de Watt, les appareils marchant à vide et les appareils marchant en charge m'ont permis de dresser le tableau suivant qui fait connaître le travail développé et utilisé :

	MARCHE à vide.	MARCHE en charge.
Nombre de tours de la machine par minute.	37	36
Nombre de tours des broyeurs.	334	325
Charbon effectivement broyé par minute.	. . . . . .	kilog. 240
Travail développé par la machine motrice en chevaux. .	16,44	42,36
Travail développé par la machine motrice, en supposant la vitesse de la marche à vide réduite à 36 tours comme celle de la marche en charge. Chevaux.	16	42,36
Travail absorbé pour broyer et élever le charbon. Chevaux.	. . . . . .	26,36
Effet utile ou rapport de la force réellement absorbée par le travail utile effectué au travail total développé par la vapeur dans le cylindre $\left(\frac{26,36}{42,36}\right)$	. . . . . .	0,622

III. — Atelier de broyage et de mélangeage de Rœulx.

Pour compléter cette étude sur les broyeurs Carr et bien fixer sur la force qu'ils absorbent avec leurs dépendances, je donnerai quelques renseignements sur l'atelier de broyage et de mélangeage de Rœulx, installé par la compagnie des mines d'Anzin, pour desservir un groupe de fours à coke établis au puits de Rœulx.

Là, comme à l'Enclos, les charbons traités sont des charbons gras et mi-gras, ayant passé à travers des grilles dont les barreaux sont écartés de 12 à 15 millimètres. Seulement tandis qu'à l'Enclos, où les charbons qu'on livre au broyage ont été lavés à des lavoirs situés à plusieurs kilo-

mètres, les matières sont livrées au broyeur presque sèches; à Rœulx, où les lavoirs sont contigus à l'atelier de broyage, les charbons arrivent au distributeur encore tout mouillés. Ce sont là des conditions mauvaises qui conduisent à une dépense de force exagérée.

Disposition générale de l'atelier. — La disposition générale de l'atelier de Rœulx est analogue à celle de l'Enclos; elle n'en diffère que par la position de la machine motrice qui est à l'extrémité de l'arbre des transmissions, au lieu de l'attaquer en son milieu, et par l'agencement du distributeur et de leurs norias, qui au lieu d'être dans le prolongement des broyeurs comme à l'Enclos, sont établis dans un plan perpendiculaire, ce qui est mauvais au point de vue des transmissions qui se trouvent ainsi inutilement compliquées : mais l'emplacement ne permettait pas de faire autrement.

L'ensemble de l'installation se compose :

1° D'une machine motrice verticale commandant par poulies et courroies l'extrémité de l'arbre des transmissions ;

2° D'un arbre de transmission longeant l'un des côtés de l'atelier et portant calées sur lui les poulies motrices des deux systèmes de broyeur ;

3° De deux systèmes de broyeur Carr avec leurs dépendances.

Machine motrice. — La machine motrice, qui a été construite d'après les données d'expérience recueillies dans les autres installations, a été faite notablement plus forte que celle de l'Enclos; ses dimensions sont les suivantes :

Diamètre du piston.	$0^m,550$
Surface du piston.	$2^{mq},375$
Course du piston.	$0^m,900$
Vitesse normale.	40 tours par min^{te}.

Elle est à détente Mayer variable à la main.

Distributeur et sa noria. — Les distributeurs et leurs

norias sont identiques à ceux de l'Enclos; je n'y reviens donc pas.

Broyeurs Carr. — Pas plus qu'aux broyeurs, dont la disposition et les dimensions sont les mêmes que celles des broyeurs de l'Enclos.

Grande noria. — Quant à la grande noria, qui élève le charbon broyé au-dessus des fours à coke, elle ne diffère de celle de l'Enclos que par la hauteur verticale dont elle élève le charbon; cette hauteur est de 14 mètres, tandis qu'elle n'est à l'Enclos que de 9^{m},500.

Transmissions et vitesses relatives.—Le tableau ci-dessus fait connaître le rapport des différentes transmissions et les vitesses relatives de chaque appareil :

Vitesse normale de la machine motrice. Tours par minute.	40
Rapport des poulies reliant la machine motrice à l'arbre général des transmissions.	1:2,992
Vitesse normale des poulies calées sur l'arbre général des transmissions. Nombre de tours par minute.	119^{t},68
Rapport des poulies motrices et réceptrices des broyeurs Carr.	1:3,289

Le broyeur fait donc $2,992 \times 3,289 = 9,84$ tours par tour de machine motrice.

Vitesse normale du broyeur. Tours par minute.	393
Rapport entre la vitesse des petites norias et la vitesse de l'arbre des transmissions.	0,118:1

C'est-à-dire que les croisillons de ces norias font 0,118 tours par tour de l'arbre des transmissions et 0,353 tours par tour de machine motrice.

Vitesse normale des petites norias. Nombre de tours des croisillons par minute.	14,12
Vitesse normale des grandes norias. Tours par minute.	18,88

Comme par tour de croisillon il passe deux godets contenant environ 17 litres de charbon, le débit des no-

rias par minute est de. . . . . 480 litres
pour les petites norias ; il est pour les grandes norias de. 682 litres.

Quant au cylindre distributeur, le rapport des engrenages qui le relient à la première noria est. . . . . 0,234 : 1
c'est-à-dire qu'il fait par minute. . . . . 3.304 tours,
ce qui correspond à un débit de. . . . . 441 litres.

Ainsi donc :

Le distributeur livre à la petite noria 441 litres de charbon par minute, le broyeur broie ce charbon à la vitesse de 393 tours par minute, et la grande noria peut prendre pour les livrer aux fours à coke 642 litres de charbon par minute : en poids il ne passe que 170 kilogrammes de charbon environ par minute, les godets n'étant remplis qu'à moitié.

Ce tableau montre qu'on a fait ici une part beaucoup plus large qu'à l'Enclos au foisonnement produit par le broyage, en augmentant la vitesse de la noria des fours par rapport à celle de la noria du distributeur : à l'Enclos les volumes débités par le cylindre distributeur et la noria des fours étaient entre eux comme 1 est à 1,09 ; à Rœulx ces deux volumes sont entre eux comme 1 est à 1,46. Ce rapport est peut-être un peu exagéré ; je n'ai en effet jamais constaté d'engorgement à l'Enclos.

Travail absorbé. Effet utile. — Les diagrammes relevés avec l'indicateur de Watt sur le cylindre moteur m'ont permis de dresser le tableau suivant, qu'il est intéressant de rapprocher de celui que j'ai dressé pour l'Enclos :

	MARCHE à vide.	MARCHE en charge.
Nombre de tours de la machine par minute.	40	40
Nombre de tours des broyeurs.	393	393
Charbon broyé par minute dans les deux broyeurs. . . .	. . . . . .	338k,88
Travail développé par la machine motrice. Chevaux. . .	35,78	86,80
Travail absorbé pour broyer et élever le charbon au-dessus des fours à coke. Chevaux.	. . . . . .	51,02
Effet utile ou rapport de la force réellement absorbée par le travail utile effectué au travail total développé par la vapeur dans le cylindre.	. . . . . .	0,587

IV. — Comparaison et discussion des conditions du travail et des résultats obtenus dans les deux ateliers de l'Escles et de Rœulx.

Pour terminer cette étude, je vais réunir dans un tableau comparatif toutes les données pouvant permettre de comparer les conditions de travail dans les deux ateliers, ainsi que les résultats obtenus.

En lisant ce tableau avec quelque soin, on se fera une idée très-précise de ce que peuvent traiter pratiquement de pareils ateliers, des vitesses relatives des différents appareils et de la force qu'ils exigent. Ces données numériques, déduites d'expériences minutieuses faites dans deux ateliers marchant très-régulièrement depuis plusieurs années, peuvent être prises comme bases dans le calcul d'installation analogue : c'est à ce titre que je les donne, et j'espère en les publiant épargner aux ingénieurs qui consulteront ce travail les mécomptes si difficiles à éviter dans les constructions où les vitesses relatives jouent un grand rôle; j'appelle particulièrement l'attention sur les trois points suivants :

La force de la machine. — J'ai vu souvent, même dans les installations étudiées par des ingénieurs d'un mérite incontestable, la machine être insuffisante ou, ce qui ne vaut pas mieux au point de vue du prix de revient courant, d'une force singulièrement exagérée.

Les vitesses relatives du distributeur et des deux norias. — Il faut, après le broyage, pour enlever tout le charbon, lui offrir des godets d'une capacité notablement plus grande que le volume débité par le distributeur.

Enfin les fondations. — Presque partout j'ai vu donner aux fondations des broyeurs et de leurs transmissions des dimensions insuffisantes, soit qu'on leur laissât des dimensions comparables à celles des fondations usitées pour les broyeurs ordinaires, soit qu'on n'apportât pas un soin

suffisant à bien lier les matériaux employés. Il ne faut jamais perdre de vue, dans leur établissement, qu'elles doivent servir de bases à des appareils dont la vitesse peut aller jusqu'à 400 tours par minute.

En tenant compte de ces différentes observations et des chiffres réunis dans ce tableau, on n'aura aucun mécompte à craindre.

			ATELIER de l'Enclos.	[illegible]
Machine motrice.	Définition.		Verticale sans détente.	[illegible]
	Dimensions.	Diamètre du piston.	0m,410	[illegible]
		Surface du piston en centimètres carrés.	1520	[illegible]
		Course du piston.	1,100	[illegible]
		Nombre de tours par minute.	36	[illegible]
	Commande de l'arbre des transmissions principales.		par engrenages coniques	[illegible]
	Rapport des vitesses : 1 étant celle de la machine.		1 : 2,254	[illegible]
Appareils menés simultanément.	Broyeurs Carr de dimensions identiques à celles du croquis.		1	[illegible]
	Distributeurs et norias identiques élevant le charbon d'une hauteur de.		5m,50	[illegible]
	Grande noria élevant le charbon au-dessus des fours d'une hauteur verticale de.		9m,50	[illegible]
Charbon traité.	Charbon fin ayant traversé des cribles de 12 à 15 millimètres.		presque sec.	[illegible]
Vitesses.	Nombre de tours par tour de machine	du cylindre distributeur.	0,131	[illegible]
		des croisillons de la petite noria.	0,560	[illegible]
		du broyeur Carr.	9,016	[illegible]
		des croisillons de la grande noria.	0,560	[illegible]
	Nombre de tours par minute en pleine marche	du cylindre distributeur.	4,720	[illegible]
		des croisillons de la petite noria.	20,15	[illegible]
		du broyeur Carr.	325	[illegible]
		des croisillons de la grande noria.	20,18	[illegible]
	Rapport entre la vitesse du broyeur et celle de la petite noria.		16,25	[illegible]
Débit.	Volume débité par minute	par le cylindre distributeur.	630lit	[illegible]
		par la petite noria précédant le broyeur.	686lit	[illegible]
		par la grande noria desservant les fours à coke.	686lit	[illegible]
	Rapport entre le volume débité par le cylindre distributeur et le volume que peut enlever la noria des fours.		1 : 4,09	[illegible]
	Charbon effectivement passé par minute à la vitesse normale par système des broyeurs.		242kil	[illegible]
	Charbon broyé par heure et par broyeur à la vitesse normale.		14.520kil	[illegible]
Travail absorbé. — Effet utile.	Travail développé par la machine, mesuré au cylindre, pour mener les appareils	en charge.	42ch,36	[illegible]
		à vide.	16ch,00	[illegible]
	Travail absorbé pour distribuer le charbon, l'élever au dessus du broyeur, le broyer et l'élever au-dessus des fours à coke.		26ch,36	[illegible]
	Effet utile. — Rapport du travail absorbé au travail développé.		0,622	[illegible]
	Travail utile absorbé pour broyer un kilogramme de charbon.	en chevaux.	0ch,109	[illegible]
		en kilogrammètres.	8,2	[illegible]

D'après les expériences faites à Rœulx et à l'Enclos, on voit que pour broyer 1 kilogramme de charbon il faut dépenser une force de 0,109 à 0,151 cheval-vapeur, ou que par cheval-vapeur développé à la machine, on peut broyer de 6 à 9 kilogrammes de charbon par seconde.

De plus, on voit qu'à Rœulx on dépense par kilogramme de charbon broyé environ 3 kilogrammètres de plus qu'à

l'Enclos. Cette différence peut provenir de la plus grande complication des transmissions, de la plus grande hauteur verticale dont la noria des fours élève le charbon, et enfin de ce que, dans le premier cas, le charbon étant lavé à Rœulx même, arrive au broyeur encore tout chargé d'eau, tandis qu'à l'Enclos, le lavage se faisant dans un atelier très-éloigné de l'atelier de broyage, le charbon arrive au broyeur presque sec.

La différence de vitesse entre le broyeur et les norias a aussi une certaine influence sur l'utilisation de la force : pour un tour de broyeur il passe plus de charbon à l'Enclos qu'à Rœulx, et comme le degré de pulvérisation est sensiblement le même dans les deux cas, je pense qu'il y a tout avantage à livrer au broyeur la quantité de charbon maxima, c'est-à-dire près de 250 kilogrammes par minute ; sans cela on utilise mal la puissance du broyeur.

Les expériences faites sur les broyeurs de Saint-Vaast ne peuvent pas être comparées à ces dernières, parce qu'elles ont été faites avant l'installation des distributeurs, c'est-à-dire dans des conditions de travail qui ne sont pas comparables.

Paris, 30 décembre 1874.

NOTICE NÉCROLOGIQUE SUR M. AUDIBERT,

INGÉNIEUR DES MINES (*).

Edmond Audibert est né, en 1820, à Bordeaux, d'une ancienne famille marseillaise, de vie honorable et de fortune modeste. En 1837, il entrait à l'École polytechnique avec le n° 40. Il en sortit avec le n° 3, qui lui permit de choisir la carrière des mines. Classé le premier à sa sortie de l'École d'application, il reçut, pour son voyage d'exploration, une mission en Bohême et en Hongrie, à la suite de laquelle il fut envoyé comme ingénieur ordinaire des mines à Nantes. Il y resta quatre ans au service de l'État.

En 1846, M. Paulin Talabot, qui avait créé le chemin de fer de la Grand'Combe et d'Alais à Nîmes, s'occupait activement de le continuer jusqu'à Marseille et d'ouvrir aux produits du bassin houiller du Gard un débouché, rapide et à bon marché, vers le grand entrepôt du littoral, en même temps que d'affranchir ce dernier des difficultés que présente la navigation du Rhône, au-dessous d'Arles. Pour le seconder dans cette œuvre importante, qui devait être pour le commerce marseillais le point de départ, trop souvent méconnu depuis lors, d'un développement si fructueux et si rapide, M. Talabot avait besoin d'hommes à la fois jeunes et instruits, entreprenants et sensés : il attacha à son entreprise M. Audibert.

A cette époque, l'industrie des chemins de fer était chez

(*) La *Revue de France* (livraison du 30 novembre 1874) a publié, sur M. Audibert, directeur de la compagnie des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, un intéressant article, auquel sont empruntés textuellement les éléments de cette notice nécrologique d'un des membres les plus distingués du corps des mines.

nous à l'état d'enfance. Quelques grandes lignes rayonnaient déjà, il est vrai, autour de Paris; mais M. Talabot savait bien que les meilleures leçons de l'expérience se trouveraient là où elle était faite sur une grande échelle, et que c'était de l'autre côté de la Manche que devait se faire le plus utilement une étude pratique du nouveau système de locomotion. Il s'était, dans ses fréquents voyages, lié d'amitié et d'intérêts avec les Stephenson, et créé des relations qui le mettaient en mesure d'assurer à M. Audibert l'accès des meilleurs terrains d'étude, en même temps que les conseils et les exemples des ingénieurs les plus compétents. M. Audibert partit donc pour l'Angleterre et y passa plusieurs mois à apprendre, dans tous ses détails, le métier de l'exploitation. Rentré en France, en 1847, il fut chargé de l'organiser sur la ligne de Marseille à Avignon. C'est alors qu'il se trouva aux prises avec les difficultés d'une création de toutes pièces. Il fallait une volonté et une énergie peu communes pour lutter contre l'opposition, contre les résistances sourdes ou déclarées qui surgissaient de toutes parts, sous l'empire d'intérêts froissés ou effrayés, qui n'avaient pas encore eu le temps de calculer la portée d'un changement si profond dans les relations commerciales et de se plier à ses exigences. En même temps que l'éducation du public, il fallait faire celle du personnel exploitant; c'est dans cette tâche, si lourde et si délicate, que M. Audibert déploya tout ensemble une ardeur et une patience qui ne se rebutaient d'aucune peine, d'aucun soin, quelque infime qu'il fût, d'aucune besogne matérielle, si fatiguante ou si répugnante qu'elle pût être : caissier, comptable, contrôleur, graisseur, donneur de billets, conducteur de trains, M. Audibert fut tout, sans cesser d'être ingénieur et directeur. C'est qu'il sentait l'absolue nécessité de substituer, chez ses agents, au laisser-aller et à la fantaisie locales, la régularité et la précision qui, nécessaires à la conduite de toute grande entreprise, sont la condition

indispensable de la sécurité d'un service de chemins de fer; il savait en même temps quel empire acquiert, sur ses subordonnés de tout rang, un chef qui n'ignore aucun détail de la tâche confiée à chacun d'eux et qui leur a laissé voir qu'en fait de capacité pratique, il est leur maître à tous. Même au prix des soins les plus pénibles, M. Audibert ne pensait pas que le succès fût trop chèrement acheté. Il avait, d'ailleurs, su grouper autour de lui un noyau de collaborateurs intelligents, dont les qualités de son caractère et de son esprit lui eurent bientôt conquis la confiance et le sympathique respect, et qui, animés par son exemple, se dévouèrent à partager avec lui les travaux les moins conformes à leur éducation et à leur vie passée.

Le chemin de fer de Marseille à Avignon était à peine ouvert, lorsqu'éclata la révolution de 1848. On se rappelle le désastreux effet qu'eurent les événements sur des sociétés naissantes, bien loin alors d'inspirer la confiance que le public leur accorde aujourd'hui. La compagnie du chemin de fer d'Avignon à Marseille plia sous le coup porté à sa situation financière; elle fut placée sous le séquestre. Bien que la mesure fût au fond conservatoire et tutélaire et que le représentant de l'État se fût attaché à garder le concours du directeur, M. Audibert comprit bientôt que sa position devenait fausse et se tint à l'écart. De 1848 à 1851, il se consacra à la direction des houillères de la Grand'Combe, où l'avait appelé la confiance des principaux actionnaires, également intéressés dans l'entreprise du chemin de fer et qui avaient su y apprécier ses services.

En 1852, la compagnie de Lyon à Avignon fut constituée et s'annexa bientôt les chemins de fer d'Avignon à Marseille, du Gard et de l'Hérault. M. Audibert n'avait jamais officiellement quitté ses anciennes fonctions; il se trouva donc naturellement appelé à en reprendre l'exercice et à diriger l'exploitation de la nouvelle compagnie. Celle-ci n'avait pas même complété la construction de sa ligne

principale et il restait une lacune importante entre Valence et Lyon, quand éclata la guerre d'Orient; les transports énormes de troupes et de matériel de guerre, qui en furent la conséquence, devinrent donc, pour cette exploitation incomplète et pour son chef, une épreuve d'autant plus critique qu'il ne fallait pas cesser de pourvoir aux exigences du service commercial, qui n'avait rien perdu de son activité. Secondé par le personnel dont il avait pris tant de soin de former les premiers éléments, M. Audibert suffit à tout.

Si assidûment que l'occupât la direction du service important dont il était spécialement chargé, elle ne l'absorbait pas. Associé sans réserve à la connaissance de tous les intérêts d'une compagnie qui avait déjà pris de vastes proportions et dans laquelle les pouvoirs furent de bonne heure fortement concentrés aux mains de la direction, M. Audibert apportait, dans l'examen de toutes les grandes questions, une hauteur de vues, une rectitude et une sûreté de jugement, qui lui assurèrent une légitime influence dans la discussion des conventions de 1857-58.

Lorsque la fusion des deux compagnies de Lyon à la Méditerranée et de Paris à Lyon, stipulée en principe dans les traités de 1857, s'effectua en 1861, l'ensemble des lignes fusionnées constitua l'entreprise la plus vaste qui eût été jusque-là réunie dans les mêmes mains. Le directeur général et le conseil d'administration de la nouvelle compagnie n'hésitèrent pas dans le choix de l'homme à qui ils pouvaient confier sans crainte la direction de son exploitation : ils la remirent à M. Audibert. La responsabilité eût été écrasante pour tout esprit médiocre; sans se dissimuler le poids du fardeau, M. Audibert ne s'en effraya pas : il sentait sa valeur, il aimait le travail. Cependant il ne lui échappait rien des devoirs qu'il contractait, en acceptant cette tâche : loin de considérer seulement la grande œuvre de la fusion comme une opération financière, il comprenait

qu'il devait avant tout en ressortir des avantages sérieux au profit du public, et qu'on n'avait pas concentré dans ses mains la direction d'un service aussi large et aussi complexe, sans attendre de lui des améliorations dans chacune de ses branches et dans son ensemble. S'il n'est point aisé de créer de toutes pièces une exploitation bien ordonnée, peut-être l'est-il moins encore de ramener à un type unique des procédés divers, souvent en désaccord les uns avec les autres. La compagnie de Paris à Lyon et à la Méditerranée, telle qu'elle venait de se former, était un composé d'éléments très-multiples : elle avait fini par réunir dix sociétés différentes, ayant chacune ses règlements et ses habitudes propres, non moins variées que les populations desservies et les climats traversés. Le travail d'unification était une tâche aussi délicate que nécessaire. M. Audibert sentait qu'il fallait, tout en pliant le personnel aux règles que son expérience lui avait fait reconnaître pour fondamentales, respecter, dans la mesure du possible, les usages locaux, les légitimes exigences de telle ou telle industrie, et que, pour cela, tout en fortifiant l'autorité du pouvoir central, il fallait laisser aux agents délégués en province assez de liberté pour que chacun pût utiliser son initiative, sans nuire à l'harmonie de l'ensemble. Il fallait, si l'expression est permise, imprimer au service des lignes qui, partant de Paris, divergeaient vers la Suisse, l'Italie, la Provence, le Languedoc, l'Auvergne, une couleur uniforme, sans exclure les nuances. Tel était le problème que M. Audibert s'était posé, et dont la solution exigeait la réunion des qualités les plus rares et surtout les plus rarement unies : la décision, l'esprit de suite, la patience, la netteté de commandement, le tact, la connaissance des hommes et l'art de les manier, parfois la sévérité et le plus souvent une grande bonté. — Il les déploya toutes et réussit dans sa tâche, à la satisfaction de tous les juges compétents, et au grand profit des intérêts publics et privés dont le soin lui avait été commis.

Naturellement doué des aptitudes les plus heureuses, possédant une grande facilité et une grande puissance de travail, M. Audibert avait acquis une instruction très-solide et très-étendue ; il savait beaucoup et savait bien. Il se tenait au courant de toutes les œuvres intellectuelles, à quelque ordre d'idées qu'elles appartinssent. Les exigences de ses fonctions l'avaient à peu près fait renoncer aux distractions du monde ; mais, quand il consentait à se montrer dans quelque réunion, toujours peu nombreuse, on était frappé de l'entendre causer art, littérature, musique, avec une connaissance des œuvres et une sûreté d'appréciation qu'on aurait à peine attendues d'hommes spéciaux ; aussi sa plume et sa parole échappaient-elles à la sécheresse et à la monotonie qui sont l'écueil des sujets techniques. Dans le conseil, il exposait avec une grande lucidité, il discutait avec conviction et avec vivacité, mais sans roideur. Sa correspondance était simple, nette, ses ordres clairs et précis, ses rapports aux assemblées explicites et logiques ; qu'il parlât ou qu'il écrivît, il avait l'expression propre, la forme heureuse, le terme choisi. Sa haute taille et son attitude très-droite lui donnaient un aspect un peu sévère, qui s'adoucissait aux premiers mots de l'entretien ; la courtoisie de son langage modifiait tout de suite la première impression, et il ne fallait pas l'entendre longtemps pour subir le charme de son esprit et apercevoir la bonté de son cœur, en sorte que le fond ne contribuait pas moins que la forme à l'ascendant qu'il exerçait et avait besoin d'exercer sur le personnel énorme dont il lui fallait assurer l'obéissance.

L'une de ses premières préoccupations, lorsqu'il fut devenu le chef de cette véritable armée de travailleurs de tout ordre qui dépassait le chiffre de 30.000 agents, fut de donner à chacun d'eux la sécurité d'une retraite ; il n'hésita pas à réclamer et il n'eut, d'ailleurs, pas de peine à obtenir de la compagnie, à cet effet, des sacrifices considérables. Comme beaucoup d'œuvres philanthropiques,

celle-ci ne fut pas du premier coup appréciée à sa valeur, par la masse des intéressés; mais quelques années suffirent pour leur en faire comprendre tous les avantages et la compagnie trouva bientôt, dans la fidélité et l'attachement croissants de son personnel, le bénéfice des sentiments tutélaires et paternels qui avaient inspiré à M. Audibert l'heureuse création de la caisse des retraites.

Quelques jours avant l'investissement de Paris, M. Audibert fut chargé de transporter en province le siége de l'exploitation. Il l'établit d'abord à Lyon; mais l'état moral et politique de cette ville ne permettait pas d'y garder, dans les conditions de calme relatif nécessaires à son travail, le personnel supérieur de ses services, et il le transféra bientôt à Clermont. C'est là qu'il passa l'hiver de 1870-71, le cœur navré des malheurs de la France, mais l'esprit attentif à maintenir dans les services de la compagnie l'ordre et la discipline, et à pourvoir à toutes les nécessités des opérations militaires auxquelles le chemin de fer de Lyon pouvait concourir.

Sous l'influence de ces secousses morales et d'un climat exceptionnellement rigoureux, une maladie, que son tempérament énergique lui avait jusque-là fait négliger, fit des progrès inquiétants. Les médecins lui commandaient, sa famille le suppliait de prendre un repos et des soins devenus indispensables; il se refusa à ce qu'il appelait une désertion et resta à un poste où il se croyait responsable, envers la confiance de la compagnie et envers son devoir de Français.

L'armistice conclu, il rentra dans Paris, avant même que le chemin de fer de Lyon fût rouvert, et s'occupa avec ardeur de la réorganisation de ses services disséminés. Il y resta, pendant la première moitié de la Commune, et ne s'éloigna que lorsque sa liberté personnelle fut directement menacée.

Quand l'ordre matériel fut rétabli, le conseil de la com-

pagnie, à la reprise de ses séances, jugea qu'il était temps de consacrer, par une sanction officielle, la haute influence que M. Audibert exerçait, de fait et à juste titre, sur toutes les affaires sociales. M. Talabot demandait lui-même qu'on lui adjoignît, à titre de coadjuteur, l'homme que ses longs et éminents services avaient depuis longtemps désigné et qu'il se plaisait à considérer comme son futur successeur. M. Audibert fut mis à la tête de toutes les branches de l'administration et associé à la direction générale. Cet acte de justice fut accueilli avec un sentiment unanime d'approbation et de confiance.

Mais le travail avait usé les forces de M. Audibert : dès les derniers mois de 1872, il avait besoin de toute sa vigueur morale pour lutter contre les ravages du mal dont il était atteint ; il fallut les symptômes les plus alarmants pour le décider au repos ; il alla le demander au climat de la Corse et bientôt ses forces semblèrent se ranimer. Il revint à Paris, dans les derniers jours du mois de mai 1873. Se crut-il en état de reprendre un poste où les circonstances du moment rendaient sa présence plus désirable que jamais ? N'obéit-il pas plutôt à ce sentiment du soldat blessé, qui veut tomber au premier rang et sous le drapeau ? Ses premiers efforts pour se remettre au travail l'épuisèrent ; il mourut, le 31 mai, en chrétien.

EXTRAITS DE GÉOLOGIE

POUR

LES ANNÉES 1873 ET 1874

Par MM. DELESSE et DE LAPPARENT.

Le douzième volume de la *Revue de géologie* résume les travaux les plus importants publiés pendant les années 1873 et 1874.

Les ouvrages français n'y sont généralement mentionnés que d'une manière sommaire, notre but étant surtout d'appeler l'attention sur les progrès de la géologie à l'étranger.

La classification adoptée pour ce volume de la Revue est à peu près celle du *Manuel de géologie* de M. J. D. Dana (1); nous le diviserons en cinq parties :

I. PRÉLIMINAIRES.

Ouvrages de géologie.

II. GÉOLOGIE LITHOLOGIQUE.

Étude des roches et de leur gisement. — Roches proprement dites et roches métallifères.

III. GÉOLOGIE HISTORIQUE.

Étude des terrains au point de vue stratigraphique et paléontologique. — Lois du développement des végétaux et des animaux qui vivaient pendant la formation de ces terrains.

IV. GÉOLOGIE GÉOGRAPHIQUE.

Examen des cartes et des descriptions géologiques de diverses régions. — Géologie agronomique.

V. GÉOLOGIE DYNAMIQUE.

Étude des agents et des forces qui ont produit des changements géologiques, ainsi que de leurs effets et de leur mode d'action.

(1) *Manual of geology treating of the principles of the science, etc.*, 1874.

M. Delesse a spécialement traité la deuxième partie, comprenant les roches ou la géologie lithologique; il s'est occupé également de la géologie agronomique, des phénomènes actuels et des modifications subies par les roches.

M. de Lapparent s'est chargé de la troisième partie, comprenant les terrains ou la géologie historique; il s'est chargé en outre de la stratigraphie systématique.

Quant au reste du travail, il a été fait en commun.

PREMIÈRE PARTIE.

OUVRAGES GÉNÉRAUX DE GÉOLOGIE.

M. Dana (1) a fait paraître une nouvelle édition de son *Manuel*, mise au courant de toutes les nouvelles et importantes conquêtes de la géologie américaine. Il a ajouté un chapitre consacré à la géologie chimique, traitant des actions produites par l'eau et l'atmosphère, ainsi qu'un chapitre relatif à la géologie dynamique, qui a été, dans ces derniers temps, l'objet de ses principaux travaux.

— M. le chevalier de Hauer (2) a commencé la publication d'un ouvrage général de *géologie* qui offre de l'intérêt, surtout parce qu'il traite plus particulièrement de ce qui concerne l'empire d'Autriche qu'il contribuera à faire bien connaître.

— Dans un ouvrage portant le titre de *Principes de géologie transformiste*, M. G. Dollfus (3) s'est attaché à développer l'application à la géologie de la théorie de l'évolution. Après avoir cherché à prouver, par une revue de la série des terrains, que les roches, comme les faunes, passent généralement les unes aux autres par transitions insensibles, l'auteur définit ce qu'il appelle l'espèce en stratigraphie et pose en principe que le synchronisme des dépôts ne peut s'établir qu'en suivant latéralement et de proche en

(1) *Manual of geology*, New-York, 1874.
(2) Hauer (Fr. Ritter von). *Die Geologie und ihre Anwendung auf die Kenntniss der Boden Beschaffenheit der oesterreich.-ungar. Monarchie.*
(3) Paris. Savy, 1874.

proche les rivages d'un bassin. Il plaide ensuite, en paléontologie, la thèse de la continuité des formes et de l'influence des circonstances locales, et termine par une discussion des lois d'Hæckel et de Pictet.

— M. Barrande (1) a établi une comparaison entre la faune paléozoïque et celle de la période tertiaire. Cette comparaison est résumée dans un tableau qui donne, pour chacune des classes du règne animal, le nombre des espèces reconnues dans les grands étages de ces diverses formations.

Ainsi l'on voit que les crustacés, représentés dans le silurien par plus de 1.900 espèces, n'ont plus, dans le tertiaire tout entier, que 180 représentants. Les céphalopodes, au nombre de 1.622 dans le silurien, de 664 dans le dévonien et de 271 dans le carbonifère, n'ont plus dans le tertiaire que 70 espèces. En revanche, contre 1.316 espèces de gastéropodes siluriens, on en compte 3.600 dans l'éocène et 5.200 dans le néogène, et au lieu de 40 poissons siluriens et 278 dévoniens, on en trouve 500 dans le tertiaire. Les insectes, absents dans les terrains inférieurs au carbonifère, offrent 500 espèces éocènes et 1.000 néogènes.

— Des *Éléments de géologie et de paléontologie* ont été publiés par M. Ch. Contejean (2). L'auteur divise son ouvrage en quatre parties : la première, qui est essentiellement astronomique, donne une description générale de l'univers et les rapports de la terre avec les autres astres; la deuxième comprend la description physique de la terre; la troisième, qui a reçu de grands développements, traite plus spécialement des phénomènes actuels; enfin la quatrième est consacrée à un résumé de nos connaissances sur l'ensemble des terrains.

Citons spécialement ici quelques considérations très-justes dans lesquelles M. Ch. Contejean indique la part qui, dans la classification des terrains, doit être attribuée au caractère stratigraphique, minéralogique et paléontologique.

« Quelle doit être, dit M. Contejean, la base des divisions, ou, en d'autres termes, de la classification des terrains de sédiment? Après bien des tâtonnements, on donne aujourd'hui la préférence à la paléontologie. Une classification rationnelle ne pourrait, en effet, reposer sur la nature minéralogique des assises, puisque leurs matériaux constitutifs alternent de la manière la plus capri-

(1) *Syst. silurien; Recherches paléontol.*, suppl. au vol. I, Prague et Paris, 1872.
(2) *Éléments de géologie et de paléontologie*, 1874, p. 459.

cieuse, et qu'on trouve à tous les niveaux de la série des sables, des grès, des argiles, des calcaires. L'intercalation fréquente des terrains d'eau douce dans les terrains marins constitue le plus souvent des accidents locaux et en quelque sorte fortuits, et ne peut être prise en considération. Un instant on a pensé tirer un grand parti de la stratigraphie; mais depuis qu'il est bien reconnu que les mouvements du sol se sont manifestés pour ainsi dire à chaque moment, tantôt ici, tantôt là; depuis qu'on sait qu'ils ont eu lieu sans que la vie ait été interrompue, et que les catastrophes marquées par l'anéantissement absolu de la population du globe, et suivies d'une rénovation complète, n'ont guère existé que dans l'imagination des théoriciens, force a été de renoncer à cette illusion. Si, dans une certaine partie de la terre, un changement de faune coïncide avec un mouvement du sol, il y a lieu de s'en applaudir; mais on ne saurait établir une classification sur des indices aussi fragiles. Souvent, en effet, des discordances viennent interrompre des assises appartenant évidemment à un même ensemble, et que, par conséquent, on n'a aucune raison de séparer. »

« Par élimination, la paléontologie reste donc maîtresse du terrain. Ce serait pourtant une grande erreur de croire à son infaillibilité. Les mêmes espèces fossiles n'ont pas commencé et ne se sont pas éteintes partout en même temps; leur ordre de succession paraît même différer dans des contrées éloignées; et quelquefois des faunes contemporaines sont tellement disparates, qu'il est extrêmement difficile d'en établir la simultanéité. Au lieu de se trouver cantonnées dans des assises d'où elles n'étaient autrefois autorisées à sortir qu'à la condition de changer de nom, les espèces fossiles se croisent et se mêlent de mille manières dans le sens vertical. Si, en tel endroit, une faune se termine à un certain niveau, un grand nombre de ses espèces s'élèvent davantage plus loin et se mêlent aux fossiles de la zone subséquente, inconnus dans la première localité. Ce n'est donc qu'avec beaucoup de précautions qu'on peut faire usage des fossiles pour établir les grandes divisions des terrains; les résultats n'ont rien d'absolu, et l'on n'arrivera sans doute jamais à une classification applicable, sans modifications profondes, à toutes les parties de la terre. Néanmoins, comme les espèces fossiles sont innombrables, qu'elles existent partout et qu'elles se sont remplacées un très-grand nombre de fois, chacune d'elles fournit, en somme, une bonne caractéristique de l'époque où elle vivait, et, jusqu'à présent, on ne connaît aucun moyen plus exact et plus commode d'établir la chro-

nologie géologique. On est donc aujourd'hui d'accord pour classer les terrains de sédiment d'après leur ancienneté relative, déterminée par les fossiles qu'ils renferment. »

— M. Gustave Leonhard (1) a publié une troisième édition de ses *Éléments de géologie*. Il y a introduit les changements que nécessitaient les progrès réalisés par l'emploi du microscope à l'étude des roches et en particulier il a résumé les nombreuses observations de MM. Zirkel et H. Clifton Sorby. Il a utilisé aussi les nouvelles recherches chimiques faites sur les roches, et d'un autre côté l'histoire des terrains a été mise par M. Gustave Leonhard au niveau des connaissances actuelles.

M. Bernhard de Cotta (2) a fait paraître une quatrième édition de son ouvrage intitulé la *Géologie du présent*.

— Un ouvrage de M. Alfred Caillaux (3) est plus particulièrement destiné à faire connaître les *mines métalliques autres que les mines de fer*, que nous avons en France. Cet ouvrage comprend quatre parties :

1° Une introduction dans laquelle on trouvera des considérations générales et pratiques sur la manière d'être des substances métalliques au sein de la terre et un résumé des théories exposées depuis le XVI° siècle jusqu'à nos jours.

2° La deuxième partie comprend une description orographique et géologique de la France; des études générales sur nos dépôts de combustibles et sur nos mines de fer; sur le bitume et les schistes bitumineux ; sur les phosphates de chaux, sur les progrès de leur production ainsi que des notions sur la production et l'avenir de ces matières minérales.

3° S'occupant ensuite d'une manière spéciale, des mines métalliques autres que les mines de fer, M. Alfred Caillaux fait l'histoire de leur développement. Il donne aussi la description technique des principaux gisements connus dans les Vosges, la Bretagne, le centre de la France, les Alpes, le Midi et les Pyrénées.

4° Enfin M. A. Caillaux termine par des notions sur la production minérale dans les pays étrangers ainsi que sur la manière d'être des gîtes métallifères dans les trois continents.

— Parmi les ouvrages qu'il peut être utile aux géologues de consulter, nous indiquerons encore un *Manuel de minéralogie* publié

(1) *Grundzüge der Geognosie und Geologie* avec 182 planches.
(2) *Die Geologie der Gegenwart.*
(3) *Soc. des ingén. civils*, 6 juin 1873.

par M. Frank Rutley (1). Les diverses espèces minérales y sont décrites, et pour les plus fréquentes, les principales formes sont spécialement représentées. Les cristaux sont projetés sur un plan et leurs faces, qui ne portent pas de lettres, sont figurées par des ombres ou des pointillés qui les désignent cependant d'une manière facilement intelligible et uniforme dans tout l'ouvrage. La classification adoptée par M. Rutley repose sur les éléments basiques qui dominent dans chaque espèce minérale; c'est la plus commode pour le géologue. Les silicates sont rangés d'après le système cristallin, auquel ils appartiennent, les silicates amorphes étant décrits à la fin. Des formules indiquent d'ailleurs la composition chimique des minéraux.

— Le *Manuel de minéralogie pratique*, de M. C. Malaise (2), donne, avec les éléments de cristallographie, les principales formes homoèdres et hémièdres des minéraux, leurs caractères physiques et chimiques, ainsi que les moyens les plus faciles pour constater ces derniers. L'auteur décrit particulièrement toutes les espèces qu'on rencontre sur le sol belge et précise à la fois, sous le rapport géognostique et sous le rapport topographique, la position de tous les gisements connus jusqu'à présent. Sa description des espèces minérales est complétée par celle des roches qu'elles constituent en Belgique.

— Enfin parmi les diverses cartes du globe qui ont été publiées, nous mentionnerons deux petites mappemondes éditées par la librairie Artaria de Vienne (3); l'une donne, dans son ensemble, le relief du globe; l'autre en résume la géologie d'après les travaux de MM. Jules Marcou, Fraas, Heer, etc.

---

(1) *Londres*,
(2) Mons. Hector Manceaux, 1873.
(3) *Physikalische Karten*.

DEUXIÈME PARTIE.

LITHOLOGIE.

La lithologie ou l'étude des roches est, chaque année, l'objet d'un grand nombre de travaux qui intéressent toutes les personnes s'occupant de géologie ; nous allons présenter un résumé sommaire de ces travaux, en nous attachant plus particulièrement à ceux qui fournissent des données nouvelles sur la composition minéralogique et chimique des roches ou bien sur leur structure microscopique.

Lorsqu'on voudra comparer les analyses nouvelles avec celles qui ont été faites précédemment, il conviendra d'ailleurs de consulter quelques ouvrages spéciaux, notamment ceux de MM. Justus Roth, Kenngott, G. Bischof, Tschermak, ainsi que le *Neues Jahrbuch*, le *Jahresbericht der Chemie* et les onze volumes déjà publiés de la *Revue de géologie*.

PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES DES ROCHES.

Conductibilité des roches pour la chaleur.

M. Ed. Jannettaz (1) a communiqué les résultats d'expériences qu'il a faites sur la conductibilité thermique des roches schisteuses. Il a constaté que la chaleur se propage le plus facilement dans le sens parallèle à la schistosité ; voici un résumé de ses expériences :

Tableau donnant les rapports des axes dans les phyllades et dans les schistes cristallins.

	Rapport.
1. *Stéaschiste*, d'un vert clair, translucide, des États-Unis. . . .	2,007
2. *Phyllade*, imprégné de fer oxydulé octaédrique, de Deville. .	1,988
3. *Micaschiste* gris, à grains fins, d'Aurillac (Cantal). . . . . . . , .	1,82
4. *Talcschiste* ferrugineux, faisant partie du système des itacolumites, de la Guyane.	1,87
5. *Phyllade*, d'Angers (Maine-et-Loire).	1,5

Les résultats obtenus par M. de Sénarmont sur le verre comprimé sont du reste complétement d'accord avec ceux que M. Jan-

(1) *Comptes rendus*, 27 avril 1874.

nettaz a trouvés pour les roches schisteuses, puisqu'il admet, comme tous les géologues, que la schistosité doit provenir d'une pression perpendiculaire à son plan.

Ce rapport entre la schistosité et la conductibilité est très-intime; dans certaines roches, comme l'a également montré M. Dufet, préparateur de géologie à l'École Normale, la schistosité étant plutôt parallèle à une direction qu'à un plan, on obtient comme ellipsoïde thermique un ellipsoïde à trois axes inégaux, se rapprochant quelquefois beaucoup d'un ellipsoïde de révolution allongé. Dans les phyllades riches en trilobites, de Sion (Loire-Inférieure), M. Dufet a obtenu pour le plan de schistosité principale une ellipse dont le rapport des axes est en moyenne 1,15. Dans le plan perpendiculaire à la schistosité, le rapport atteint 1,60, comme pour le phyllade d'Angers. Il est vraisemblable que ces roches étant encore plastiques ont été comprimées, ce qui a déterminé la schistosité principale, mais qu'elles n'ont pu s'écouler également dans tous les sens, ce qui a donné comme un nouvel axe de compression dans le plan de la schistosité. D'après M. Dufet, cette conclusion se vérifie de la manière la plus remarquable, quand on cherche à tenir compte des déformations qu'ont dû subir les trilobites renfermés entre les feuillets des schistes.

Eau d'imbibition.

ARDENNES. — MM. Meugy et Nivoit (1) ont fait des recherches sur les quantités d'eau qui étaient absorbées par des terres diverses, formées par différentes roches de l'arrondissement de Vouziers (Ardennes).

Les terres d'alluvions modernes, qui peuvent contenir 15 p. 100 de carbonate de chaux, absorbent au plus 60 p. 100 d'eau;

Les terres limoneuses ou argilo-sableuses des alluvions anciennes en absorbent de 38 à 55 p. 100.

Les terres crayeuses de l'arrondissement de Vouziers, qui renferment en moyenne 75 p. 100 de carbonate de chaux, absorbent de 50 à 60 p. 100 d'eau ; celles des marnes crayeuses au maximum 70 p. 100.

Les terres gaizeuses, ayant au plus 1 p. 100 de carbonate de chaux, absorbent seulement de 30 à 50 p. 100 d'eau; cette proportion reste inférieure à celle trouvée habituellement dans les argiles, résultat qui doit être attribué à ce que la gaize est composée de silice en parcelles microscopiques, dont le pouvoir absorbant est moindre que celui de l'argile.

(1) *Carte agronomique de l'arrondissement de Vouziers*, 1873.

Les terres du gault et des sables verts argileux absorbent de 50 à 75 p. 100; celles du système kimméridien de 68 à 88 p. 100; enfin celles du système oxfordien absorbent une grande quantité d'eau qui peut s'élever jusqu'à 110 p. 100.

On sait d'ailleurs que, dans certaines argiles, l'eau d'imbibition peut dépasser 150; qu'elle est supérieure à 200 dans l'écume de mer (hydrosilicate de magnésie), et qu'elle peut même atteindre 450 dans le carbonate de magnésie.

On sait aussi que la proportion d'eau absorbée par les terres végétales dépend, non-seulement de la composition chimique de leurs éléments, mais encore de leur état de division ; elle est surtout en rapport avec les quantités d'argile et d'humus qu'elles contiennent (1).

Effets de la lévigation sur les minéraux cristallisés.

M. Ch. Haushofer (2) a recherché les effets produits par la lévigation sur les corps cristallisés.

Prenant 200 grammes du minéral à examiner, il commence par le réduire en poudre très-fine au moyen de la porphyrisation ; puis la partie la plus fine de cette poudre est mise en suspension dans un quart de litre d'eau distillée et séparée en six sédiments successifs dont la composition chimique est ensuite déterminée avec soin et comparée à celle de ce même minéral.

En procédant de cette manière, M. Haushofer a constaté que la dolomie cristallisée et transparente de Traverselle, ainsi que le fer spathique de Lobenstein, donnent des sédiments ayant une composition constante ; mais il n'en est pas toujours de même. En effet, pour l'ankérite d'Eisenerz en Styrie, le fer carbonaté diminue un peu, bien que graduellement, dans les sédiments successifs. Pour la staffélite du Nassau, le phosphate de chaux diminue également, tandis que le carbonate de chaux augmente.

Selon M. Haushofer, l'ankérite et la staffélite ne sont que des mélanges de corps cristallisés, ce qui explique pourquoi les substances les plus denses, comme le fer carbonaté et la chaux phosphatée, se déposent en proportion plus grande dans les premiers sédiments.

Remarquons toutefois qu'il n'est guère possible d'admettre un simple mélange pour la staffélite, puisque même lorsqu'elle est réduite en poudre très-fine, l'acide acétique ne lui enlève pas son carbonate de chaux.

(1) Delesse : *Revue de géologie*, II, 62.
(2) *Neues Jahrbuch*, 1868, 759.

Dans les recherches de ce genre, il nous paraît nécessaire de tenir compte des décompositions partielles que subissent certains minéraux, lorsqu'on les met en contact avec l'eau; elles ont été bien constatées par MM. Daubrée et Damour pour les feldspaths et pour les zéolithes. On conçoit donc que des minéraux contenant des substances sensiblement solubles dans l'eau, comme les carbonates de magnésie et de chaux ainsi que le phosphate de chaux, puissent se décomposer plus ou moins dans la lévigation et qu'ils donnent, dans certains cas, des sédiments successifs qui ne sont pas entièrement homogènes.

Action d'une dissolution de gypse sur les roches.

M. Cossa (1) a essayé l'action qu'une dissolution de gypse exerce sur les roches réduites en poudre fine. Opérant successivement sur le gneiss, le granite, le trachyte, le basalte, il a observé qu'une dissolution de gypse les décompose beaucoup plus rapidement que l'eau pure; c'est particulièrement ce qui a lieu lorsque ces roches contiennent des silicates alcalins.

D'un autre côté, MM. Sœmann et Guyerdet (2) avaient déjà reconnu que la dolomie est facilement décomposée par une dissolution de gypse, aidée par un courant d'acide carbonique.

Étude microscopique des roches.

L'étude microscopique qui, dans ces dernières années, a permis de connaître plus complétement la structure et la constitution minéralogique des roches, peut également être utilisée pour des recherches sur les eaux et particulièrement sur les eaux potables. En effet, d'après M. E. Reichardt (3), il suffit d'évaporer quelques gouttes d'eau sur un verre qu'on examine ensuite au microscope; avec un peu d'habitude, on y reconnaît alors le carbonate de chaux, le carbonate de magnésie, le sulfate de chaux, le sulfate de magnésie, le chlorure de sodium, les nitrates de potasse et de soude. M. C. Bischof (4) recommande aussi le microscope pour distinguer les matières organiques qui sont contenues dans les eaux.

— M. Hagge (5) a constaté par des recherches microscopiques l'existence du péridot dans l'euphotide, dans l'hypérite et aussi dans la serpentine.

(1) *Gazetta chimica*, III, 135.—*Bull. de la Soc. chim. de Paris*. (Novembre 1873.)
(2) *Bull. de la Soc. géolog. de France*, XIX, 995.
(3) *Neues Jahrbuch*, 1874, 322. — *Ann. der Pharmacie* [3], II, 481.
(4) *Zeit. analytisch. Chemie*, X, 441.
(5) *Jahresber. über d. Fortschritte d. Chemie*, 1872, 1268.

— Parmi les méthodes à suivre pour étudier les roches au microscope, nous ferons connaître spécialement celle qui a été employée par M. C. W. Gümbel (1) pour les roches du Fichtelgebirge.

Après la reconnaissance habituelle, au moyen de la loupe, qui fournit les premiers renseignements, on procède à l'examen de la poudre. Cette dernière est regardée au microscope polarisant soit avec la lumière directe, soit avec la lumière réfléchie et sous un faible grossissement : 1° lorsqu'elle est humide; 2° après qu'on l'a débarrassée du schlamm le plus fin; 3° après une attaque de quatre heures par de l'acide chlorhydrique; 4° lorsque la silice provenant de l'attaque, a été préalablement enlevée par une lessive de potasse. Ces essais permettent de reconnaître la terre verte ou la substance chloritique, qui jouit du dichroïsme, s'attaque par l'acide chlorhydrique en laissant un squelette de silice et perd sa transparence par calcination. L'hornblende se distingue également à son dichroïsme bien caractérisé, à sa structure fibreuse et à sa résistance à l'acide. L'enstatite, dont la structure est un peu fibreuse, présente une couleur vert clair et un faible dichroïsme. Le diallage se distingue de l'augite par sa structure feuilletée. Le péridot est en grains ronds, fendillés, qui prennent de vives couleurs à la lumière polarisée, et qui s'attaquent par l'acide chlorhydrique. Ses bords paraissent ordinairement avoir été changés en une substance serpentineuse. Le fer oxydulé magnétique est dissous par l'acide, tandis qu'il n'en est pas de même pour le fer titané.

En outre M. Gümbel prépare deux plaques polies de la même roche qui sont examinées sous divers grossissements, avec la lumière simple ou polarisée. Après avoir enlevé le baume de Canada de l'une de ces plaques avec de l'alcool, on la soumet pendant quatre heures à l'action de l'acide chlorhydrique et on la traite ensuite par une lessive alcaline. On peut aussi la faire rougir. La comparaison de ces deux plaques permet alors de compléter les notions acquises sur la composition minéralogique.

Enfin M. Gümbel détermine en outre la composition chimique de la roche et au besoin celle de ses minéraux.

A la suite de ces études, M. Gümbel se demande si une roche formée d'anorthose et d'hornblende devra toujours être nommée diorite, qu'elle soit paléozoïque ou tertiaire? De même qu'on donne des noms spéciaux aux calcaires, aux argiles et aux grès composant la série des terrains stratifiés, il lui semble convenable de distin-

(1) *Die palaeolitischen Eruptivgesteine des Fichtelgebirges.*

guer entre elles des roches éruptives qui, minéralogiquement, appartiennent à une même espèce, mais qui ne sont pas les mêmes géologiquement, puisqu'elles ont des âges différents. La nomenclature des roches éruptives devient alors beaucoup plus complexe qu'elle ne l'est déjà; toutefois M. Gümbel pense qu'il faut se résigner à cet inconvénient et il applique d'ailleurs ses idées aux roches éruptives du Fichtelgebirge, ainsi que nous le verrons plus loin.

Sel marin dans les roches.

M. Fr. Sandberger a constaté qu'une argile permienne, retirée d'un sondage à Kissingen, contenait 3,2 p. 100 de sel marin. Il attribue à cette argile la salure des eaux minérales de Kissingen. On sait du reste que les dépôts formés dans la mer retiennent du sel et d'autant plus qu'ils sont plus argileux (1).

— Le tuf trachytique qui est intercalé dans le miocène supérieur (Sahélien de M. Pomel) des environs d'Oran, ne contient pas moins de 2,40 p. 100 de sel marin, d'après un essai de M. Marty. Cette proportion atteint celle qu'on trouve dans les dépôts marins actuels. M. Bleicher (2) pense, d'après cela, que ce tuf trachytique, qui présente des couches réglées, a fait éruption dans le fond de la mer.

Vanadium dans les roches.

M. Richard Apjohn (3) a indiqué la présence du vanadium dans les trapps et dans les basaltes d'Irlande et d'Italie.

Précédemment, MM. Henry Sainte-Claire-Deville et Frémy ainsi que leurs élèves, parmi lesquels M. Beauvalet, avaient déjà constaté que le vanadium se rencontre fréquemment associé au fer dans la nature; on le trouve, non-seulement dans les minerais de fer et la bauxite, mais même jusque dans certaines argiles plastiques et dans les glaises vertes du bassin de Paris.

Zinc dans les roches.

M. Hardman (4) ayant découvert des traces nettes et constantes de zinc dans la craie blanche du comté de Tyrone (Irlande), eut l'idée de rechercher si ce métal ne provenait pas d'une coulée de basalte qui recouvre la craie en ce point, en la rendant exceptionnellement dure. L'analyse ayant vérifié cette conjecture, et

(1) *Lithologie du fond des mers*, I, 7.
(2) *Éléments lithologiques des terrains des environs d'Oran.*
(3) *Chemical News*, XXVI, 183, et *Bull. de la Soc. chim. de Paris.* (Février 1873.)
(4) *Geol. Mag.*, 1873, 433; 1874, 201.

un basalte d'une autre localité ayant également offert du zinc, M. Hardman pensa que ce métal, dont les analogies chimiques avec le magnésium sont très-grandes, pourrait bien se trouver dans toutes les roches magnésiennes. Il entreprit alors, tant par voie sèche que par voie humide, une série de recherches qualitatives qui toutes réussirent à mettre en évidence la présence du zinc dans les roches et les minéraux suivants :

Granite à mica magnésien de Wexford. Le zinc y existe en petite quantité, avec du cuivre et du plomb.

Mica du même granite : la réaction du zinc y est très-nette.

Serpentine de Waterford, mica noir, schiste chloritique, asbeste, augite ; dans tous ces minéraux le zinc se révèle en quantités très-appréciables et le plus souvent il est associé au cuivre ou au plomb.

L'auteur se propose de compléter ses recherches par des analyses quantitatives.

Comme preuve à l'appui des résultats obtenus par M. Hardman, il est bon d'observer qu'en étudiant les conditions chimiques de la vie dans les moisissures et dans les végétaux inférieurs, M. J. Raulin (1) a reconnu que l'oxyde de zinc devait être considéré comme l'un de leurs éléments essentiels et comme nécessaire à leur développement ; or l'on sait que ces végétaux inférieurs se rencontrent pour ainsi dire partout.

Minéraux nouveaux signalés dans les roches. Tschermakite.

M. de Kobell (2) a décrit un minéral nouveau, du groupe des feldspaths, auquel il a donné le nom de *Tschermakite*, en l'honneur de M. Tschermak. Ce minéral est blanc grisâtre et translucide. Son éclat est vitreux sur ses faces de clivage et rappelle même l'éclat du diamant. Il devient phosphorescent par la chaleur et avec la lumière blanche. Sa dureté est 6. Il se clive avec une facilité inégale, suivant deux directions inclinées de 94°, et l'on observe sur le clivage le plus facile des stries très fines, comme dans l'oligoclase et comme dans tout feldspath anorthose. Il est fusible au chalumeau, mais ne s'attaque presque pas par l'acide chlorhydrique.

---

(1) *Comptes rendus*, 21 mars 1870.

(2) *K. Bayer. Akad. d. Wissensch.*, déc. 1873.

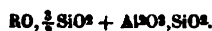
Densité.	SiO²	Al²O³	MgO	KO	NaO	HO	Somme.
2,64	66,57	15,80	8,00	traces	6,80	2,70	99,87
Oxygène	35,50	7,39	3,20	»	1,74	2,40	
Rapports	5	1			1		

La formule du *Tschermakite* serait



$$3RO, \frac{3}{2} SiO^2 + Al^2O^3, SiO^2.$$

M. de Kobell observe que le *Tschermakite* aurait quelque analogie avec l'oligoclase; toutefois, il en différerait beaucoup par l'absence complète de chaux et par trois fois plus de bases à un atome d'oxygène. La formule de l'oligoclase est, en effet,



$$RO, \frac{3}{2} SiO^2 + Al^2O^3, SiO^2.$$

On peut craindre toutefois que les recherches du savant minéralogiste de Munich n'aient été faites sur un mélange; car, M. Des Cloizeaux a examiné des lames de *Tschermakite* qui étaient bien transparentes et parallèles au clivage le moins facile; or elles lui ont présenté des propriétés optiques qui, d'après des recherches nouvelles et encore inédites, sont caractéristiques de l'albite. De plus, M. Pisani vient de faire une analyse de ces mêmes lames et leur a trouvé la composition suivante :

Densité.	SiO²	Al²O³	MgO	CaO	NaO	HO	Somme.
2,60	66,37	22,70	0,95	1,40	9,70	0,70	101,82
Oxygène.	35,40	10,58	0,37	0,40	2,50		
Rapports.	11	3		1			

Le rapport de l'oxygène pour RO et R^2O^3 est bien de 1 à 3, comme dans tous les feldspaths, et il s'élève à 11 pour la silice; on a donc un feldspath anorthose donnant les rapports 1 : 3 : 11, et qui est nouveau ou bien se rapproche plus de l'albite que de l'oligoclase.

Quoiqu'il en soit le *Tschermakite* a été trouvé à Bamble, en Norwége, où il est associé à du quartz et à de la *kjerulfine*.

Quant à ce dernier minéral, dont la connaissance précise est également due à M. de Kobell (1), c'est un phosphate de magnésie voisin de la wagnérite, mais qui contient plus de chaux et moins de fluor; il a pour formule :



$$2(MgO)^3P^2O^5 + CaFl^2.$$

Hygrophilite.

Parmi les substances minérales nouvelles qui entrent dans la

(1) *Neues Jahrbuch*, 1873, 546.

composition des roches, il convient encore de mentionner l'*hygrophilite* de M. Laspeyres (1). Elle est compacte ou en écailles très-fines. Sa couleur est gris verdâtre ou verte. Elle a l'éclat gras et elle donne une rayure blanc-verdâtre, comme le talc. Sa dureté est inférieure à 2,5. Elle happe fortement à la langue et elle s'effeuille lorsqu'on la met dans l'eau ; desséchée, elle peut absorber 17 p. 100 de son poids de vapeur d'eau : c'est cette avidité pour l'eau qui a motivé son nom. Réduite en poudre fine, elle s'attaque complétement à chaud, soit par l'acide chlorhydrique, soit par une lessive de potasse.

Densité.	SiO^2	Al^2O^3	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	HO	Somme.
2,670	48,06	32,19	3,38	1,24	1,72	5,67	1,36	9,02	102,64

L'*hygrophilite* appartient au groupe de la pinite ; elle se distingue cependant de cette dernière substance par sa faible densité, par la facilité avec laquelle elle s'attaque par les acides et par les alcalis, ainsi que par sa manière de se comporter avec l'eau. On l'a trouvée aux environs de Hall, dans le grès quartzeux et dans les conglomérats du Rothliegende inférieur ; elle y forme des amas de plusieurs décimètres. Nous ajouterons qu'un minéral paraissant présenter les mêmes caractères se rencontre dans les roches du grès rouge des Vosges.

Ettringite.

A Ettringen, au pied de trois cratères, et dans la région du lac de Laach, M. J. Lehmann (2) a observé avec M. vom Rath, un minéral nouveau pour lequel il propose le nom d'*Ettringite.* Le gisement de ce minéral est remarquable ; car, de même que la chalcomorphite, il se trouve dans des parties calcaires qui ont été enveloppées par la lave d'Ettringen. Sa densité est 1,75. Sa dureté dépasse un peu celle du gypse. Il se dissout en partie dans l'eau qui devient alors fortement alcaline. A 100° il perd déjà une partie de son eau et prend un éclat soyeux, mais c'est seulement à la chaleur rouge qu'il en est privé complétement. Au chalumeau il se gonfle sans se fondre. Ses cristaux sont des prismes hexagonaux qui ont au plus 3 millimètres de longueur. Leur analyse a donné :

SO^3	Al^2O^3	CaO	HO	Somme.
16,64	7,76	27,27	45,82	97,49

(1) *Neues Jahrbuch*, 1874, 192.
(2) *Neues Jahrbuch*, 1874, 213.

Dans cette analyse, la perte a eu lieu sur l'acide sulfurique.

L'*Ettringite* peut être considérée comme un sulfate d'alumine combiné à de l'hydrate de chaux et ayant pour formule



$$Al^2O^3, SO^3 + 6(CaO, HO) + 26Aq.$$

CLASSIFICATION DES ROCHES.

Un guide pratique pour la détermination des roches a été publié par M. Ed. Jannettaz (1). Cet ouvrage se compose de trois parties. La première résume les principales propriétés des minéraux qui constituent les roches. La deuxième embrasse la description des différentes espèces de roches. La troisième donne une méthode à suivre pour reconnaître les roches. Dans ce but, elles sont classées d'après leur structure, selon la méthode suivie déjà par Linné et par C. de Leonhard. Les groupes distingués sont les suivants :

I Roches globuleuses, formées totalement ou en partie d'éléments globuleux.
II Roches celluleuses, pleines de cavités, de trous.
III Roches schisteuses, à éléments rassemblés en lames distinctes et parallèles.
IV Roches vitreuses ou ayant l'aspect de l'émail.
V Roches simples en réalité ou en apparence.
VI Roches porphyriques, composées d'une pâte, à éléments indistincts ou adélogènes et de cristaux.
VII Roches complexes, formées d'éléments discernables.
VIII Roches incohérentes, à éléments isolés.

Comme chacun de ces groupes comprend des roches différant beaucoup par leur composition minéralogique et par l'ensemble de leurs caractères, il est nécessaire d'y établir des divisions et des sous-divisions; elles sont basées sur la dureté, la couleur, la texture, la fusibilité, la résistance aux acides et sur les propriétés les plus faciles à reconnaître.

Enfin M. Ed. Jannettaz termine son ouvrage par un tableau dans lequel il cherche à ranger les roches silicatées d'après l'ensemble de leurs analogies.

Roches basaltiques.

M. H. Möhl (2), après avoir fait l'étude microscopique d'environ 3.000 échantillons de roches basaltiques, a donné une classification de ces roches. Il étend le nom de basalte à toutes les roches érup-

(1) *Les roches, description de leurs éléments, méthode de détermination*, Paris, 1874.
(2) *Neues Jahrbuch*, 1874, 203.

tives basiques de l'époque tertiaire, parmi lesquelles il établit les divisions suivantes :

1. Basalte en magma.
2. Basalte feldspathique.
3. Basalte néphélinique.
4. Basalte amphigénique.
5. Basalte avec hauÿne ou noséan.
6. Basalte micacé.

Remarquons toutefois que pour conserver au mot basalte la signification qui lui a été universellement attribuée jusqu'à présent, il est nécessaire de le limiter aux roches volcaniques qui sont basiques et hydratées.

Roches clastiques.

M. Alfred Jentsch (1) a proposé une nomenclature et un système de classification pour les roches clastiques ; il base ce système sur la grosseur des débris ainsi que sur les conditions de leur dépôt et il le résume dans le tableau suivant :

A. Réunion d'éléments ayant à peu près la même grosseur (Sédiments presque entièrement aqueux).

1. *Blocs* anguleux ou arrondis.
2. *Cailloux* roulés, sphériques, ellipsoïdaux, ou plus ou moins irréguliers; fragments plus ou moins aigus.
3. *Sable* anguleux ou arrondi, grossier ou à grain fin, composé de quartz, d'isérine et de dolomie.

Læss et lœss sableux.

Pélite (Naumann), contenant de l'argile, du quartz, du calcaire, etc.

B. Réunion de grains dont la grosseur ne dépasse pas un certain maximum (Sédiments qui ne sont que partiellement ou pas du tout aqueux).

1. *Gravier* dont les éléments varient depuis la pélite jusqu'au caillou.
2. *Lehm* sableux ou pélitique (maigre ou gras) dont les éléments varient depuis la pélite jusqu'au grain de sable.

Letten (intermédiaire entre le lehm et l'argile), éléments variant depuis la pélite jusqu'au lœss et ayant au plus 0m,0002 de grosseur.

C. Réunion de grains de différentes grosseurs, non continues (Produits de l'action simultanée d'agents divers).

a. Avec des éléments plus gros qui donnent une structure analogue à celle du porphyre. Exemple : *lehm avec blocs, sable avec cailloux.*

b. Avec des éléments fins qui forment des espèces de nids.

1. *Conglomérats* et *brèches* avec ciment sableux, argileux, ou pélitique.
2. *Grès* avec ciment argileux ou pélitique.

---

(1) *Zeitschrift d. deuts. geolog. Gesells.*, XXV, 1873, 736.

Quand il y aurait du calcaire, de l'oxyde de fer, de l'humus, on l'indiquerait par des adjectifs spéciaux.

M. Jentsch pense que l'adoption de cette nomenclature aurait l'avantage de définir avec plus de précision les terrains de sédiments et de transport, en ayant égard à leur origine.

ROCHES.

Donnons maintenant la description des différentes espèces de roches en insistant plus particulièrement sur les travaux qui font connaître leur structure microscopique et surtout leur composition minéralogique et chimique.

Roches carbonées.

Asphalte.

WINTJENBERG. — D'après M. A. von Strombeck (1) la roche asphaltique qui s'exploite à Wintjenberg (Brunswick) appartient au portlandien inférieur; mais sa teneur en asphalte doit être attribuée à une imprégnation postérieure, produite sans doute par une décomposition des combustibles intercalés dans l'étage wealdien.

VIRGINIE. — M. W. M. Fontaine (2) a décrit un remarquable gisement d'asphalte exploité dans le comté de Ritchie (Virginie occidentale).

C'est un filon vertical qui traverse une série de grès et de schistes appartenant au terrain houiller improductif. Sa puissance est de $1^m,20$ dans les grès et se réduit à $0^m,75$ dans les schistes; en même temps le filon présente un léger changement de direction, lorsqu'il passe des grès dans les schistes. L'alignement est nord 12° ouest. On exploite le filon sur une étendue horizontale de 1.000 mètres et sur une profondeur de 100 mètres. Il finit brusquement, à la paroi d'une vallée perpendiculaire à sa direction; mais son prolongement vient tomber à angle droit sur la grande ligne de fracture qui détermine les gîtes de pétrole de la Virginie.

La matière charbonneuse est formée d'une partie centrale terne,

---

(1) *Jahresbericht der Chemie*, 1871, 1188.

(2) *Americ. Journ.* [3], VI, 409.

avec deux salbandes brillantes et cristallines. A l'analyse, elle donne 76,45 de carbone, 7,83 d'hydrogène, 13,46 d'oxygène et 2,26 de cendres ; sa composition répond à celle de la *grahamite*.

Il est à remarquer que les couches du terrain encaissant sont absolument exemptes de matières charbonneuses.

Ambre.

Baltique. — D'après un sondage fait sous la direction de M. Berendt (1), l'ambre qu'on exploite sur les bords de la Baltique se trouve vers 43 mètres de profondeur, dans une couche d'argile bleue, située au-dessous des lignites.

M. le professeur Spirgatis a analysé une substance molle et complétement élastique qui avait été ramenée avec la drague du fond de la mer, près de Brüsterorth. En retranchant les cendres, il a reconnu qu'elle contient : carbone... 86,02 ; hydrogène... 10,93 ; oxygène... 3,05 ; ce qui conduit à la formule $C^{40}H^{32}O$. Cette substance paraît ressembler beaucoup à la *krantzite* du lignite des environs de Bernburg.

Tourbe.

Somme. — De nombreux essais industriels ont été faits par M. J. Kolb (2) sur les principales variétés de tourbes du département de la Somme.

Ces tourbes ne contiennent aucun principe soluble dans l'eau, dans l'éther ou dans l'alcool ; mais elles sont solubles dans les hypochlorites et dans les alcalis, tandis qu'elles résistent aux acides chlorhydrique et sulfurique qui, comme l'on sait, attaquent le bois.

Chauffées à 100°, elles se dessèchent, sans éprouver aucune décomposition ; elles ne perdent ni gaz carbonés, ni azote. Leur densité moyenne est 1,405. Les meilleures qualités se trouvent à Longueau, Camon, Boves, Longpré et contiennent moins de 9 p. 100 de cendres. Leur pouvoir calorifique a été déterminé par la litharge ; il est environ de 3.300, c'est-à-dire voisin de celui du chêne desséché. Elles donnent 40 p. 100 de coke, pesant 420 kilogrammes au mètre cube et 60 p. 100 de gaz inflammable ; d'après M. de Marsilly, ce dernier contient 40 d'hydrogène, 30 d'oxyde de carbone, 11 d'hydrogène carboné, soit 81 p. 100 de gaz combustibles. Il y a en outre 2 p. 100 d'ammoniaque ainsi que 14 p. 100 d'acide

(1) *Neues Jahrbuch*, 1873, 880.
(2) *Société industrielle d'Amiens*, 1870.

carbonique, qui se dégage surtout au commencement de la distillation.

Les cendres des tourbes de la Somme étant très-recherchées pour l'agriculture, M. Kolb en a fait beaucoup d'analyses; il a reconnu qu'elles sont exclusivement formées de carbonate et de sulfate de chaux ainsi que d'argile ferrugineuse. Les phosphates et les alcalis s'y rencontrent seulement en traces insignifiantes. Dans la tourbe crue, la chaux se trouve du reste en partie à l'état d'ulmate, tandis que dans les cendres, elle est dosée à l'état de carbonate. Quelques tourbes d'Amiens, de Longueau, de Camon, contiennent une proportion de sulfate de chaux qui peut s'élever jusqu'à 54 p. 100 du poids de leurs cendres.

Enfin M. Kolb observe que la tourbe se reproduit dans la Somme avec une rapidité assez grande; car quarante années suffisent pour en former une épaisseur de 1 mètre.

Haut-Jura. — Une étude sur les tourbières du Haut-Jura a été faite par M. H. Résal (1).

Comme d'autres savants, M. Résal distingue deux catégories de tourbières : 1° les premières sont immergées et résultent de la décomposition de joncées et de plantes dont la croissance est très-lente ; 2° les secondes sont émergées et proviennent d'une végétation de carex (laiches), à laquelle succède celle des sphaignes et des bruyères. Ces dernières se rencontrent surtout dans le Haut-Jura. On conçoit du reste que l'accumulation de la tourbe doive tendre à combler le marais qui la produit et à transformer insensiblement une tourbière de la première catégorie en la deuxième.

En ce qui concerne spécialement les tourbières du Haut-Jura, M. Résal observe qu'elles ne descendent généralement pas au-dessous de 700 mètres ; car, à une altitude inférieure, la température moyenne devient trop élevée pour que les sphaignes se développent vigoureusement. Ces tourbières, dont la flore a été étudiée par M. Charles Martins (2), occupent le fond des vallées et des entonnoirs qui existent sur des plateaux jurassiques. Elles y forment des mamelons très-peu saillants. Leur fond repose souvent soit sur le crétacé inférieur, soit sur l'oxfordien. Leur épaisseur augmente avec l'altitude ; en moyenne elle est de 2 mètres à 400 mètres d'altitude, de 4 mètres à 800 mètres et de plus de 6 mètres à 1.100 mètres.

---

(1) *Société d'émulation du Doubs*, 1872, VII, 448.
(2) *Bulletin de la Société botanique de France*, XVIII, 406.

M. Résal estime que dans le Jura et à une altitude supérieure à 700 mètres, la tourbe augmente de $3^m,3$ par siècle. Lorsqu'on assainit une tourbière, la formation de la tourbe y est certainement entravée, parce qu'alors les plantes marécageuses s'y développent en moindre abondance. Aussi M. Résal conseille-t-il d'obstruer les fossés d'écoulement, quand l'exploitation de la tourbe est terminée. Il pense qu'une tourbière bien aménagée, qui ne pourrait donner par son assèchement que de mauvais pâturages, est, en définitive, d'un meilleur rapport qu'une futaie de sapins de même étendue.

Lignite.

BASSIN HESSO-RHÉNAN. — M. B. Niederstadt (1) a déterminé la composition élémentaire de divers lignites exploités dans les bassins tertiaires hesso-rhénans.

A Lignite de Rheinhardswald, gris ou noir, renfermant beaucoup de résine.
B Lignite du Meissner, noir et brillant.
C Lignite de Hirschberg, brun noir, formant des troncs volumineux.

	Densité.	C	H	O	Az	HO	Cendres.	Somme.
A	1,13	58,78	4,04	20,80	0,15	10,29	5,94	100,00
B	1,32	70,00	3,19	17,59	0,12	3,63	5,47	100,00
C	1,35	60,30	4,85	20,17	0,12	11,39	3,17	100,00

Combustibles divers.

JAPON. — Des recherches dues à MM. B. Smith Lyman et H. S. Munroe (2) font connaître divers combustibles du Japon.

Relativement à l'âge de ces combustibles, ceux d'Horumui ressemblent beaucoup au charbon des Montagnes Rocheuses qui est de la fin du crétacé ou du commencement du tertiaire. A Kayanoma, les couches de combustibles sont recouvertes par des roches volcaniques. Quant aux couches associées à ces combustibles, ce sont surtout des schistes gris ou bleuâtres ; à Kayanoma on trouve un banc de calcaire d'un mètre, tandis qu'à Horumui il y a seulement des rognons calcaires qui renferment d'ailleurs des fossiles. Les axes de ces bassins de combustibles sont parallèles à la direction si nettement accusée des îles Kuriles.

Le tableau suivant résume quelques-uns des résultats obtenus :

A Noir, à poussière noirâtre, donnant un coke tendre et friable ; d'Horumui (Yesso).

(1) *Chemisches Centralblatt*, IV, 154, et *Bull. de la Société chimique de Paris.* (Juin 1873.)
(2) *Geological Survey of Hokkaido.*

B Noir, dur, solide, brillant; brûle facilement, donne un coke solide et éclatant, de même volume que le charbon; de Sorachi (Yesso).

C Noir, tendre, à structure montrant encore les fibres du bois; brûle facilement, en donnant une courte flamme; de Kadzuno, côte nord-est de Nippon.

D Noir, à poudre brun foncé; brûlant avec quelque difficulté; donne un coke dur, brillant, solide et poreux qui gonfle à peu près de 40 p. 100; de Miike, au sud de Nippon.

E Noir, brillant, dur, ressemblant au précédent; de Takoshima, province de Hizen.

	Densité.	Coke.	Humidité.	C	H	O et Az	S	Cendres.	Somme.
A	1,281	57,30	5,20	72,98	5,30	13,84	0,35	2,33	100,00
B	1,279	61,02	2,93	77,04	5,69	11,01	0,54	2,79	100,00
C	1,338	»	14,35	62,15	3,36	16,39	2,11	1,64	100,00
D	1,335	66,96	0,54	69,28	5,52	4,89	3,49	16,28	100,00
E	1,260	60,55	1,32	78,63	5,82	8,72	0,66	4,85	100,00

Ces combustibles du Japon diffèrent beaucoup par leur composition chimique et par leurs autres propriétés des lignites ainsi que des charbons ayant le même âge; ils donnent du coke et peuvent quelquefois servir à la fabrication du gaz; ce sont de véritables charbons bitumineux qui se rapprochent des meilleures houilles carbonifères. Aussi sont-ils exploités dès à présent pour la navigation à vapeur et pour différents usages industriels.

Missouri.—Un grand nombre d'essais ont été faits par M. Chauvenet (1) sur les charbons appartenant au terrain houiller du Missouri.

A Charbon de Tapscott Shale, désigné dans le pays sous le nom de *Cannel*, et donnant du reste une grande quantité de cendres.

B Charbon de Zimmermann, comté Johnson.

C Charbon de Pittsburgh, employé pour les usines à gaz de Saint-Louis.

	DENSITÉ	CARBONE fixe.	CARBONE combiné	HYDROGÈNE de l'eau.	HYDROGÈNE des matières volatiles.	Az	HO	CENDRES.
A	1,529	33,05	24,96	0,37	4,99	»	3,30	26,80
B	1,225	44,01	30,75	0,75	5,58	»	6,77	4,12
C	»	54,17	23,45	0,14	5,31	1,84	1,31	7,91

Parmi les charbons les plus remarquables par leur faible teneur en cendres, M. Chauvenet mentionne ceux de Warrensburg et aussi de Linn (comté Chariton): dans ce dernier, il y a seulement 1,64 p. 100 de cendres.

(1) Pumpelly: *Geolog. Survey of Missouri*, 1873, 37.

Quelques charbons du comté Ray se distinguent par une grande proportion d'eau ; par exemple, celui de la mine Hayson en contient plus de 12 p. 100.

Houille. — Classification.

M. Gruner (1) a fait observer que la classification des houilles, basée simplement sur l'analyse élémentaire, n'indique pas d'une manière précise le pouvoir calorifique ou la valeur réelle de la houille ; remarquant de plus que les chaleurs de combustion d'un même corps varient avec sa densité, et aussi avec le degré de condensation des combustibles comparés, M. Gruner a entrepris des expériences dont les résultats sont indiqués dans le tableau suivant, et il en a déduit une nouvelle classification des houilles.

NOMS des cinq types de houilles.	COMPOSITION élémentaire. C	H.	O	RAPPORT de $\frac{O}{H}$	PROPORTION de charbon fourni par la distillation.	NATURE et aspect du charbon obtenu.
Houilles sèches à longue flamme.	75 à 80	5,5 à 4,5	19,5 à 15	4 à 3	0,50 à 0,60	Pulvérulent ou tout au plus fritté.
Houilles grasses à longue flamme ou charbons à gaz.	80 à 85	5.8 à 5	14,2 à 10	3 à 2	0,60 à 0,68	Fondu, mais très-fendillé
Houilles grasses proprement dites ou charbons de forge.	84 à 89	5 à 5.5	11 à 5,5	2 à 1	0,68 à 0,74	Fondu, moyennement compacte.
Houilles grasses à courte flamme. ou charbons à coke.	84 à 91	5,5 à 4,5	6,5 à 5,5	1	0,74 à 0,82	Fondu, très-compacte, peu fendillé.
Houilles maigres ou anthraciteuses.	90 à 93	4,5 à 4	5,5 à 3	1	0,82 à 0,90	Fritté ou pulvérulent.

Eau de distillation de la houille.

M. Gerlach (2) a donné la composition des eaux provenant de la distillation de la houille. L'une de ces eaux, marquant 1°,6 (Baumé), avait été fournie par la houille de Zwickau en Saxe (I); l'autre marquant 1°,9 venait de la houille de la Ruhr (II). Les résultats des analyses sont rapportés à 1 décilitre :

(1) *Annales des mines* [6e], t. IV, p. 169.
(2) *Deutsche Industrie Zeitung*, p. 436, et *Bulletin de la Société chimique de Paris* (février 1873).

	I	II
	grammes.	grammes.
Hyposulfite de soude.	0,1036	—
— d'ammoniaque.	—	0,5032
Sulfhydrate d'ammoniaque.	0,0340	0,6222
Bicarbonate d'ammoniaque.	0,1050	0,2450
Carbonate d'ammoniaque.	0,4560	0,3120
Sulfate d'ammoniaque.	0,0462	0,1320
Chlorhydrate d'ammoniaque.	3,0495	0,3745

L'élément le plus important, parmi ceux que contiennent ces eaux de distillation, est le sel ammoniac qui peut être attribué à la présence du chlorure de sodium dans la houille.

Cendres de houille.

M. T. G. Wormley (1) a donné des analyses détaillées de cendres fournies par des houilles de l'Ohio : I de New Straitsville ; II de Pigeon Creek, Jackson.

	I.		II.	
	P. 100 de cendres.	P. 100 de houille.	P. 100 de cendres	P. 100 de houille.
SiO^2.	57,85	3,026	[illegible]7,40	0,2880
Fe^2O^3.	2,09	0,108	9,73	0,0748
Al^2O^3.	35,30	1,819	40,77	0,3139
CaO.	1,20	0,062	6,27	0,0483
MgO.	0,68	0,035	1,60	0,0123
KO, NaO. . .	1,08	0,056	1,29	0,0099
PO^5.	0,13	0,007	0,51	0,0039
SO^3.	0,24	0,013	1,99	0,0153
S.	0 41	0,022	0,08	0,0006
Cl.	trace	trace	»	»
Somme. . . .	99,88	5,148	99,64	0,7670

Ces analyses offrent de l'intérêt, car elles nous font connaître les matières minérales assimilées par les plantes à l'époque houillère, matières qui toutefois ont été plus ou moins dissoutes et en outre mélangées avec celles, comme l'argile, qui ont été déposées simultanément. Elles offrent aussi de l'intérêt au point de vue agricole ; c'est, en effet, dans ce but que MM. Le Châtelier et Durand-Claye (2) ont spécialement recherché l'acide phosphorique dans les cendres de diverses houilles. Observant que ces cendres divisent les terres argileuses, qu'elles fixent les engrais solu-

(1) *Geological Survey of Ohio*, 1870, 428.
(2) *Société d'encouragement* (janvier 1873) et *Bulletin de la Société chimique de Paris* (mars 1873).

bles, qu'elles contiennent, outre l'acide phosphorique, de l'acide sulfurique et des alcalis, ces auteurs en recommandent l'emploi pour l'amendement des terres.

Rapport entre le soufre et le fer dans les combustibles.

M. Chauvenet a fait des dosages comparatifs du fer et du soufre dans plusieurs charbons du Missouri. Celui de Newport renferme 3,99 de fer et 4,41 de soufre, tandis qu il faut 4,56 de soufre pour former de la pyrite avec ce fer; il en a donc moins que la quantité nécessaire. D'un autre côté, dans le charbon Baker, il y a 2,63 de soufre, mais pas trace de fer; par conséquent les charbons contiennent tantôt moins et tantôt plus de soufre qu'il n'en faut pour former de la pyrite avec le fer qu'ils renferment (1).

Schiste bitumineux.

BUXIÈRE-LA-GRUE. — M. Joffre (2) a déterminé la composition du schiste de Buxière-la-Grue; abstraction faite des cendres, elle est la suivante :

C.	70,34
H.	7,24
O et Az.	20,42
	100,00

Si on la compare à la composition des houilles ordinaires, on voit de suite que l'hydrogène y est en proportion prédominante, de même que dans le schiste de l'Écosse qui est désigné sous le nom de *Boghead* (3).

Diamant.

AFRIQUE AUSTRALE. — M. Dunn (4) pense que les diamants de l'Afrique australe se rencontrent dans des espèces de cheminées ayant autrefois servi de liaison entre des volcans superficiels et une nappe souterraine fondue. Le terrain encaissant est formé de schistes relevés au contact. La roche des cheminées est assez altérée, et contient des nodules de dolérite. D'après M. Dunn, cette roche aurait simplement amené les diamants à la surface, après les avoir empruntés à quelque autre roche métamorphique. Il est à remarquer du reste que les diamants sont presque toujours brisés

(1) *Revue de géologie*, X, p. 26, et XI, p. 25.
(2) *Société chimique*, juin 1873.
(3) *Revue de géologie*, VII, 48.
(4) *Geol. Society*, 17 décembre 1873.

et que leurs caractères varient suivant les cheminées dans lesquelles on les rencontre.

M. Maskelyne a constaté que la roche des cheminées était presque entièrement dépourvue de feldspath ; elle contient du grenat, du diallage, de la serpentine et des minéraux analogues au clinochlore et au phlogopite.

Quant aux diamants, ceux des parties supérieures ont souvent leur surface striée suivant trois directions. On sait que M. Rose avait observé qu'en calcinant des diamants, on fait naître, sur les faces des octaèdres, des systèmes triangulaires de stries. Ce rapprochement mérite attention, mais il ne nous paraît pas qu'on en puisse conclure une origine ignée pour le diamant.

Terres végétales.

Influence de la richesse en humus et en acide phosphorique. Des recherches comparatives ont été faites par MM. Fr. Feldhaus et von Schorlemer (1) pour apprécier l'influence qui est exercée sur la fertilité de la terre végétale, par son épaisseur ainsi que par sa richesse en humus et en acide phosphorique.

CLASSES des terres.	DÉSIGNATION DES TERRES.	PO^5	HUMUS.	ÉPAISSEUR de la terre en mètres.
	ALTENBERGE :			mètres.
I.	Lehm sableux, riche en humus.	0,099	1,34	0.33
II.	Lehm sableux.	0.065	1,02	0,27
VI.	Argile blanche, très-difficile à travailler.	0,043	1,05	0,08
	RHEINE :			
I.	Sable argileux, riche en humus.	0.052	2,27	0,40
II.	Idem.	0,030	1,49	0,24
VI.	Idem.	0,001	1,76	0,08
	STEINFURT.			
I.	Sable argileux, riche en humus.	0,060	2,42	0,38
II.	Idem.	0,042	1,58	0,30
VI.	Lehm sableux.	0,0004	0,95	0,14

Le tableau précédent réunit les analyses de terres végétales, qui appartiennent à différentes classes, et ont été prises à Altenberge,

(1) *Der Boden und die landwirtschaftlichen Verhältnisse des Preussischen Staates*, Berlin, 1869, Erster Band, p. 283. — Rel. Hoffmann : *Jahresbericht*, VIII, 44.

à Rheine, à Steinfurt. Ces terres présentent une composition minéralogique assez variée, mais on voit que, généralement, leur classe est d'autant plus élevée qu'elles ont une plus grande épaisseur et qu'elles sont plus riches en humus et en acide phosphorique.

Lévigation du sol et du sous-sol.

En soumettant à la lévigation divers échantillons de sols ainsi que les sous-sols correspondants, M. Delesse a constaté que les seconds résidus sont généralement supérieurs aux premiers. Les expériences ont eu lieu pour des sols appartenant aux argiles et sables de la Sologne; ils avaient été pris à Dampierre dans la propriété de M. de Béhague. Ce résultat doit sans doute être attribué à ce que l'argile du sol est en partie entraînée dans le sous-sol par les pluies et par les eaux atmosphériques.

ENTRE-DEUX-MERS. — M. A. Baudrimont (1) a analysé quelques terres végétales provenant des collines tertiaires voisines de l'Entre-deux-Mers et situées vers le confluent de la Garonne et de la Dordogne. Ces terres, principalement cultivées en vignes, fournissent ce qu'on nomme dans le Bordelais les *vins de côtes :*

I Terre prise sur le côté gauche de la route de Bordeaux, au pont de Cubzac, à 500 mètres de la Dordogne.
II Terre de la rive droite de la Dordogne, près la mairie de Cubzac.
III Terre de la rive droite de la Dordogne, à Saint-Émilion.

		I.	II.	III.
Humidité		1,70	1,23	1,55
Matières organiques.	Azote	0,27	0,25	0,10
	Complément	5,80	14,27	5,45
Acide carbonique		0,50	10,00	2,00
Oxyde de fer		2,46	15,15	4,76
Alumine		traces	1,01	»
Chaux		1,03	13,39	3,58
Magnésie et perte		0,20	0.70	0,31
Résidu insoluble dans HCl		88.04	44,00	82,25
Somme		100,00	100,00	100,00

LANDES, GRAVES. — M. A. Baudrimont (2) a donné également la composition de quelques terres très-sablonneuses appartenant aux Landes de la Gascogne (I, II, III), ainsi que des terres caillou-

(1) *Étude des différents sols du département de la Gironde*, Bordeaux, 1874, p. 29.
(2) *Étude des différents sols du département de la Gironde*, Bordeaux, 1874, p. 24.

teuses désignées sous le nom de *graves* (IV), qui forment une longue bande entre les Landes et les alluvions de la Garonne.

	I. SALLES. Terre non cultivée (1).	II. CESTAS. Terre de bruyère.	III. MORCENX.	IV. GRAVES. Haut-Sauterne.
Humidité.	0,25	1,90		0,98
Matières organiques. { Azote.	0,15	0,06	4,00	0,10
Matières organiques. { Complément.	1,75	4,40		4,32
Acide carbonique.	»	0,20	0,12	0,20
Oxyde de fer.		traces	0,45	0,96 (1)
Alumine.	0,85	»	nulle	»
Chaux.		0,02	0,15	1,47 (2)
Magnésie.	»	»	traces	»
Résidu insoluble (sable quartzeux).	97,00	92,50	94,02	91,00
Perte.	»	0,92	1,26	1,07
Somme.	100,00	100,00	100,00	100,10

(1) Oxyde de fer et peu d'alumine.
(2) Chaux, magnésie et perte.

CHAMPFÊTU. — MM. Grandeau et Fliche (1) ont analysé deux sols avec leurs sous-sols qui avaient été pris à Champfêtu (Aube), au bord septentrional du plateau sur lequel se trouve la forêt d'Othe.

I Sol du plateau, reposant sur le terrain tertiaire argilo-sableux.

II Sol reposant sur la craie qui forme les flancs du plateau.

I_a et II_a Sous sols.

	HO	Matières combustibles.	CaO	MgO	KO	NaO	PO^5	Résidu.	CO^2	Somme.
I	1,75	5,50	0,35	0,38	0,07	0,06	0,64	90,55	0,70	100,00
I_a	1,66	2,84	0,20	0,47	0,03	0,04	0,42	92,70	1,64	100,00
II	2,90	6,53	3,25	0,47	0,04	0,03	0,29	83,00	3.54	100,05
II_a	2.46	5,39	24,04	1,31	0,16	0,07	0,18	46,80	19,59	100,00

Ces deux analyses indiquent plus d'acide phosphorique dans le sol que dans le sous-sol ; pour la magnésie et surtout pour l'acide carbonique, ce serait l'inverse.

OISE.— M. A. Baudrimont (2) a encore analysé une terre formée par les alluvions de l'Oise. L'échantillon, recueilli à environ

(1) *Journal de l'Agriculture pratique*. Octobre 1873, p. 537.
(2) *Étude des différents sols du département de la Gironde*. Bordeaux, 1874, p. 28.

5 kilomètres sur la rive droite de la rivière et à 2 mètres de profondeur, présente la composition suivante :

Humidité		1,90
Matières organiques.	Azote	0,12
	Complément	1,60
Acide carbonique		0,50
Oxyde de fer		4,29 (*)
Chaux, magnésie et perte		0,55
Résidu siliceux insoluble		91,04
Somme		100,00

(*) Pas d'alumine.

Ligoure. — Des analyses chimiques de la terre arable, qui recouvre un sous-sol de gneiss, sur la ferme de Ligoure (Haute-Vienne), ont été exécutées par M. Albert Le Play.

Cette terre, soumise d'abord à l'analyse mécanique, a donné :

Grosses pierres	11,37
Petites pierres	10,50
Terre tamisée	78,04
Débris végétaux	0,09
Somme	100,00

La terre tamisée, étant ensuite soumise à la lévigation, se sépare en :

Sable	69,03
Argile	30,97
Somme	100,00

A l'analyse chimique, cette dernière présente la composition suivante :

	Cl	SO³	PO⁵	SiO²	Fe²O³	Al²O³	CaO	MgO	KO	NaO	Perte par calcination.	Somme.
Terre traitée par l'eau pure	0,002	0,002	»	0,054	0,021	0,004	0,021	0,012	0,012	0,025	»	0,153
Terre traitée par l'eau régale	»	»	0,060	0,040	2,629	3,487	0,128	0,362	0,389	0,021	»	7,116
Analyse élementaire	0,002	0,002	0,060	72,160	4,750	13,142	1,547	0,900	1,830	1,410	4,197	100,000

Crau. — La couche arable de la Crau, qui est rudimentaire, a été analysée par M. J. A. Barral (1). L'échantillon examiné est une

(1) *Journal de l'Agriculture*, t. III, 1873, p. 457.

terre rouge accompagnant les cailloux et prise sur la rive gauche du Rhône, près de l'emplacement de Port-Saint-Louis :

Eau	10,1
Matières organiques	6,4
Sable quartzeux	4,0
Argile	47,2
Alumine et peroxyde de fer	8,6
Chaux	11,0
Magnésie	0,5
Chlorure de sodium	0,5
Acide carbonique et perte	11,7
Somme	100,0

Dans certaines parties cette terre contient plus de chlorure de sodium, et il y en a même jusqu'à 2 p. 100, ce qui la rend alors presque impropre à la culture.

Roches diverses.

Eaux.

Les analyses des eaux étant extrêmement nombreuses, nous mentionnerons surtout celles qui offrent de l'intérêt au point de vue géologique, et nous renverrons pour les autres au *Jahresbericht der Chemie*, publié par MM. Alexandre Naumann, F. Nies et leurs collaborateurs.

Oxygène contenu dans les eaux de pluie et de rivières.

M. A. Gérardin (1) a constaté que les pluies fines et persistantes sont moins riches en oxygène que les pluies abondantes et passagères. Les quantités d'oxygène observées ont varié entre 5,18 et 8 centimètres cubes par litre. L'eau de Seine en renferme 6^{cc},80 à 7^{cc},98 par litre. Une seule fois on en a trouvé 12 centimètres cubes.

Absence d'oxygène dans les eaux artésiennes.

M. Gérardin (2) a reconnu en outre que l'eau des nappes souterraines, alimentant les puits artésiens, ne contient pas trace d'oxygène. Ce résultat avait déjà été constaté par M. Péligot, d'après son analyse de l'eau du puits de Grenelle, et l'oxygène trouvé dans diverses analyses d'eaux artésiennes, paraît devoir être

(1) *Comptes rendus*, t. LXXV, p. 1718, et *Bulletin de la Société chimique de Paris* (mars 1873).
(2) *Association scientifique de France*, 1874; 297.

attribué à leur contact avec l'atmosphère au moment même de l'émergence. Les expériences de M. Gérardin ont porté, non-seulement sur diverses nappes d'eau du bassin parisien, qui ont été prises à une grande profondeur, comme celles du gault et de l'argile plastique, mais encore sur la nappe des sables de Beauchamp qui, à Gonesse, se trouve à 15 mètres seulement de la surface.

Lorsqu'une nappe d'eau souterraine coule entre deux couches imperméables, on voit donc qu'elle perd son oxygène; il nous paraît que ce résultat doit être attribué à ce que l'oxygène qu'elle renfermait a disparu en oxydant de la pyrite ou des matières organiques; or, comme cette nappe se trouve emprisonnée entre deux couches imperméables, son oxygène ne peut être renouvelé par l'atmosphère, ni par des eaux s'infiltrant de la surface.

Il serait intéressant de compléter ces recherches en déterminant la proportion d'oxygène contenue dans ces dernières eaux qui forment les premières nappes souterraines et qui alimentent généralement les puits ordinaires.

Influence des terrains sur la composition des eaux.

On sait que, dans un même lieu, les eaux présentent une composition chimique qui varie dans certaines limites avec les saisons, mais qui dépend essentiellement de la constitution minéralogique des terrains à travers lesquels elles s'infiltrent.

L'influence des terrains sur la composition des eaux est facile à constater sur les *cartes hydrologiques de Paris et du département de la Seine*, et elle résulte aussi des essais hydrotimétriques de M. Belgrand. Voici quelques essais hydrotimétriques faits par M. Delesse, qui montrent nettement combien la qualité des eaux dépend de leur gisement et combien elle est modifiée par la nature des terrains.

DÉSIGNATION DE L'ENDROIT où l'eau a été puisée.	NATURE DU TERRAIN formant le bassin hydrographique.	DEGRÉ hydrotimétrique.
		degrés.
Source sur la route entre Blavozy et Saint-Pierre-Lardeyrol (Haute-Loire).	Granite décomposé.	17
Source derrière les Bains du Mont-Dore.	Trachyte.	7,5
Ruisseau de la vallée des Enfers au Mont-Dore (eau ferrugineuse). . . .	Idem.	9
Source de la colline de Montplaux, route de Blavozy, à Saint-Pierre-Eynac.	Phonolite.	4
Source à la base du Dôme du Mégal. .	Idem.	14
Source qui émerge sur le flanc N.-O. du plateau de Gergovia.	Basalte.	10,5
Rivière la Borne, près le Puy, à une petite distance de son confluent avec la Loire.	Basalte, terrain tertiaire et granite vers la source de la rivière.	22
Rivière la Borne, près le Puy (Haute-Loire.	Idem.	23
Marais, à côté de la rivière la Borne, au village de Borne (Haute-Loire). .	Idem.	48
Rivière la Couze, en amont de Champeix (Auvergne).	Granite recouvert par la lave.	36
Allioux, affluent de l'Allier, près d'Issoire.	Marnes argileuses rouges du terrain tertiaire.	18
Fontaine en face de l'hôtel de ville de Plombières (Vosges).	Grès bigarré.	37
Eaux minérales.	*Observations.*	
Source minérale dite Romaine, de Plombières (Vosges).	»	23
Rivière de Sioule, à Barbecot (Puy-de-Dôme).	De l'acide carbonique se dégage en ce point de la rivière.	32
Saint-Nectaire, grotte de Cornadore. .	Cette eau produit de très-belles incrustations.	64
Clermont-Ferrand, place de Jaude. .	Contient de l'acide carbonique.	106
Près la Sioule, à Barbecot (Puy-de-Dôme.	Source minérale ferrugineuse, avec acide carbonique.	184
Source de Saint-Allyre, à Clermont.	Eau incrustante.	194

Ces eaux ont été recueillies vers le milieu de septembre 1858. On voit que sur le trachyte, sur le phonolite et même sur le basalte, le degré hydrotimétrique est assez peu élevé. Il est également peu élevé sur le granite, à moins que ce dernier ne soit kaolinisé et dominé par des roches volcaniques, comme cela a lieu souvent en Auvergne.

Ainsi, les eaux qui prennent naissance sur les roches éruptives ou feldspathiques ont généralement un degré hydrotimétrique assez faible qui doit augmenter avec la proportion de chaux que ces roches contiennent. Maintenant les eaux sont généralement plus dures sur les roches stratifiées, particulièrement quand ces dernières sont marneuses, pyriteuses et surtout gypseuses.

Quant aux eaux minérales, elles ont un degré hydrotimétrique très-variable qui est souvent très-élevé, notamment lorsqu'elles sont incrustantes, comme à Saint-Allyre.

ARDENNES. — MM. Meugy et Nivoit (1) ont déterminé le degré hydrotimétrique des eaux de l'arrondissement de Vouziers, qui s'infiltrent dans divers terrains.

Dans la gaize, les eaux sont pures, car leur degré hydrotimétrique dépasse rarement 15°.

Dans la craie blanche, il reste inférieur à 25°.

Dans le calcaire corallien, il varie de 18° à 25°.

Dans les marnes crayeuses, il n'est guère inférieur à 30°, et peut atteindre 70°.

Dans les marnes kimméridiennes et oxfordiennes, le degré hydrotimétrique est généralement élevé; c'est du reste ce qui a lieu dans les marnes et argiles de tous les étages géologiques, parce que ces roches sont particulièrement imprégnées de pyrites.

EMMERIN. — L'eau d'Emmerin, servant à l'alimentation de la ville de Lille, a été analysée par M. Girardin (2). Cette eau provient de sources engendrées par les pluies qui tombent sur le plateau s'étendant de Loos à Séclin; comparativement, l'on a examiné aussi l'eau jaillissante obtenue à Emmerin par un sondage qui a été pratiqué dans la craie avec chaux phosphatée désignée sous le nom de *Tun*.

	SOURCES.	FORAGE.
Gaz.	centimètres cubes.	centimètres cubes.
Acide carbonique	20,94	20,97
Oxygène	7,13	6,78
Azote	15,44	16,25
Somme	43,50	44,00
Matières solides.	grammes.	grammes.
Carbonates de chaux et de magnésie	0,394	0,304
Sulfate de chaux	0,016	0,018
Sulfate de magnésie	0,009	0,017
Chlorure de magnésium	0,065	0,048
Chlorures de sodium et de potassium	0,007	0,007
Silice, alumine, phosphate de chaux, oxyde de fer, matières organiques et perte	0,012	0,0123
Somme	0,403	0,4063

Ces eaux ne renferment aucune trace d'ammoniaque, d'hydrogène sulfuré et de nitrates.

(1) *Carte agronomique de l'arrondissement de Vouziers* (Ardennes), 1873.
(2) *Étude de l'alimentation en eau de la Ville de Lille.* 20.

Remarquons que l'eau artésienne de la craie contient sensiblement plus de sels calcaires que l'eau des sources s'infiltrant dans le terrain de transport qui la recouvre. Son degré hydrotimétrique est aussi un peu plus élevé.

REIMS. — Indépendamment de ce que la composition des eaux dépend de celle des terrains à travers lesquels elles s'infiltrent, il est intéressant de comparer les eaux de Reims qui coulent dans un bassin hydrographique formé par la craie blanche avec celles qui s'infiltrent dans ce même terrain. Voici d'après M. Maridort l'analyse de l'eau de la Vesle, prise au Château-d'Eau (I), et celle de l'eau d'une source importante, qui a été découverte récemment et doit être utilisée pour la ville de Reims (II); ces eaux ont été puisées le 19 octobre 1874.

	I. EAU DE LA VESLE au Château-d'Eau.	II. EAU de la source.
Gaz.	centim. cubes.	centim. cubes.
Air { Azote	13,8	14,2
Air { Oxygène	5,7	6,2
Acide carbonique	6,4	15,6
Matières solides.	grammes.	grammes.
Carbonate de chaux	0,180	0,208
Id. de magnésie	0,004	0,008
Sulfate de potasse	0,003	0,001
Chlorure de potassium	0,010	0,004
Id. de sodium	0,007	»
Silice	0,004	0,009
Oxyde de fer et alumine	0,014	0,015
Matière organique	0,0054	0,0018
Somme	0,2274	0,2468
Résidu fixe à 115°	0,237	0,258

On voit que l'eau de la source diffère de celle de la Vesle qui coule dans le même terrain, la craie blanche, en ce qu'elle a moins de matières organiques, tandis qu'elle contient plus de matières minérales. Elle renferme plus de carbonate de chaux et de silice, mais elle a moins de chlorures et de sulfates alcalins, sans doute parce que ces derniers sels proviennent en partie de l'infiltration des eaux superficielles à travers les terres végétales.

Quant aux gaz, l'azote et l'oxygène sont en même proportion dans les deux eaux; tandis que l'acide carbonique se trouve en proportion beaucoup plus forte dans l'eau de source, ce qui explique d'ailleurs pourquoi elle dissout plus de carbonate de chaux et de matières minérales.

Landes. — M. Fauré (1) a reconnu que les eaux des étangs, engendrés par les dunes qui bordent les Landes, du côté de l'Océan, laissent par l'évaporation un résidu très-faible, car il n'atteint pas 2 dix-millièmes par litre. Comme le remarquent MM. Baudrimont et Delbos, il est rare que des eaux soient aussi pauvres en matières minérales; cela explique du reste pourquoi les étangs des Landes, se trouvant dans des bassins hydrographiques formés de sable quartzeux presque pur, sont aussi pauvres en plantes aquatiques et nourrissent aussi peu de poissons.

Rhin. — M. H. Vohl (2) a donné des analyses de l'eau du Rhin près de Cologne; l'un des échantillons (I) a été pris lorsque le niveau du fleuve était bas, l'autre (II) lorsqu'il était élevé.

	Matières suspendues.	Résidu de la calcination.	NaCl	KCl	CaO, SO³	CaO, CO²	MgO, CO²	Fe²O³	Al²O³	SiO²	PO⁵	Substances organiques.	Eau et perte.	Somme.
I	0,3154	0,1294	0,1425	0,0022	0,3233	1,1578	0,4486	0,0014	0,0010	0,0038	0,0079	0,2929	0,0676	2,4[illegible]
II	2,0546	0,2873	0,2442	traces	0,3326	0,6892	0,5069	0,0015	0,0010	0,0029	traces	0,0422	0,0685	1,[illegible]

Dans toutes les eaux du Rhin, on a trouvé des traces d'acide nitrique, comme M. Henri Sainte-Claire Deville l'avait bien constaté dans ses recherches sur les eaux des rivières.

Les substances tenues en suspension dans le Rhin sont formées de matières organiques, animales ou végétales, et de matières minérales : parmi ces dernières, M. Vohl mentionne le sable quartzeux, l'argile ferrugineuse, le mica, la chaux carbonatée, la magnésie carbonatée, le gypse et de petites quantités de phosphates.

Franconie. — M. de Gorup-Besanez (3) a analysé les sources qui émergent des calcaires magnésiens ou dolomitiques du Jura Franconien et, en évaporant leurs eaux, il a obtenu des résidus contenant des proportions très-fortes de carbonate de magnésie, puisqu'elles étaient comprises entre 10 et 44 p. 100. Ce résultat montre bien comment des sources peuvent contribuer à la formation de la dolomie, même lorsqu'elles ne sont presque pas minérales.

---

(1) *Étude des différents sols du département de la Gironde.* Bordeaux, p. 13.
(2) *Jahresbericht der Chemie*, 1871, 1223
(3) *Jahresber. über d. Fortschritte d. Chemie*, 1871, 1225.

TAMISE. — Les gaz contenus dans l'eau de la Tamise ont été analysés par M. Mc. Leod (1) :

Az	O	CO^2	Somme.
1,40	0,62	4,18	6,20

MISSISSIPI. — M. E. W. Hilgard (2) a analysé les gaz (I) qui, à l'embouchure du Mississipi, se dégagent des « *Mud-lumps* », ainsi que l'eau salée qui les accompagne (II).

	C^2H^4	CO^2	Az	Somme.
I	86,20	9,41	4,39	100,00

	NaCl	KCl	CaCl	MgCl	CaO, SO^3	CaO, CO^2	MgO, CO^2	FeO, CO^2	SiO^2	Somme.
II	2,537	0,028	0,073	0,464	0,0007	0,001	0,045	0,016	0,0007	3,1654

L'analyse apprend du reste que la salure de ces eaux des *Mud-lumps* est variable, sur le même point, avec les saisons.

Eaux minérales.

AUVERGNE. — M. Truchot (3) a fait des recherches sur la proportion de chlorure de lithium contenue dans les principales eaux minérales de l'Auvergne ; cette proportion serait, paraît-il, très-notable et s'élèverait aux chiffres suivants pour 1 litre :

	millig.		millig.
Mont Dore.	8	Chatel-Guyon.	28
Royat (source César).	9	Saint-Allyre.	31
Clermont. Source des Salins.	14	Les Roches.	33
Clermont. Puits artésien.	20	Châteauneuf.	35
La Bourboule.	18	Royat (source de l'établissement).	35
Saint-Nectaire.	22		

Suivant M. Truchot, il y aurait de la lithine jusque dans les terres de la Limagne ; sur 100 grammes de terre, il a trouvé $0^{gr},031$ à $0^{gr},132$ de carbonate de lithine, avec $0^{gr},5$ à $0^{gr},6$ de potasse. On peut croire que la lithine provient du mica du granite, car ce dernier constitue essentiellement le Plateau Central.

BEAUPRÉAU. — Une eau ferrugineuse de Beaupréau (Maine-et-Loire) a été analysée par M. Audouard (4). Par litre, elle con-

(1) *Jahresbericht d. Chemie*, 1869, 1280.
(2) *Jahresber. über d. Fortschritte d. Chemie*, 1871, 1224.
(3) *Archiv. für Pharmacie*, IV, 122, et *Bulletin de la Société chimique de Paris*, octobre 1874.
(4) *Journal de pharmacie*, IX, 336.

tient 51 centimètres cubes de gaz dans lequel il y a 64 d'acide carbonique, 28,5 d'azote et 7,5 d'oxygène. Le résidu solide, laissé par son évaporation, pèse seulement 0g,22. Elle dépose d'ailleurs un sédiment dont voici la composition :

Fe^2O^3	Al^2O^3	CaO	MgO	SiO^2	Matière organique	Somme.
50,25	2,28	1,30	0,49	41,11	4,57	100,00

Ce sédiment, qui est essentiellement ferrugineux et siliceux, contient en outre des traces d'acide carbonique, de manganèse et même d'arsenic.

MEHADIA. — MM. F. C. Schneider et Köttsdorfer (1) ont analysé les sources minérales du bain d'Hercule, près Mehadia (Confins militaires). De plus, ils ont déterminé la composition des gaz qui se dégagent de ces sources, et ils y ont trouvé 50 à 60 p. 100 de gaz des marais, 37 à 47 p. 100 d'azote, 2 à 3 p. 100 d'acide carbonique avec des traces d'hydrogène sulfuré.

YESSO. — M. B. Smith Lyman (2) a fait, avec le concours de plusieurs Japonais, des recherches sur les eaux minérales qui sont assez nombreuses dans la partie sud de Yesso (Japon). La plupart sont chaudes et sulfureuses et ont une température qui peut s'élever à 80°, 90° et au delà. A Yesso, il existe aussi des cratères volcaniques, et, dans leur voisinage, des mines de soufre qui résultent de la condensation de vapeurs sulfureuses et qui sont même exploitées, notamment à Esan.

Quelques sources minérales sont ferrugineuses et ont une température comprise entre 27° et 91°.

Deux sources chaudes, ayant des températures de 30° et de 50°, ne renferment presque pas de matières minérales.

Une source froide contient du sulfate de fer.

Sel gemme.

Le sel gemme se rencontre, comme l'on sait, dans toute la série des terrains. Nous donnons ici, d'après M. H. Credner (3), un exemple des divers étages géologiques dans lesquels sa présence a bien été constatée :

---

(1) *Jahresbericht u. d. Fortschritte d. Chemie.* 1872, 1230.
(2) *Preliminary report* 1874.
(3) *Elemente der Geologie*, 33.

TERRAINS.	LOCALITÉS.
Moderne.	Steppes des Kirghises; Arabie; Amérique du Sud. Mer Morte et lac Salé de l'Utah.
Tertiaire.	Cardona en Catalogne; Wieliczka et Bochnia en Galicie; Transylvanie; Asie Mineure et Arménie; Rimini (Italie); Louisiane.
Crétacé.	Rodenberg, sur le Deister; sources salées de Westphalie (Unna).
Marnes irisées.	Lorraine; Tyrol; Salzburg.
Muschelkalk.	Wurtemberg; Thuringe.
Grès bigarré.	Hanovre; Brunswick; Royaume-Uni.
Permien.	Thuringe; Stassfurt; steppes des Kirghises, près du fleuve Ilek.
Calcaire carbonifère.	Virginie occidentale; Durham; Bristol.
Silurien.	Virginie occidentale; États de New-York et de Michigan.

INDE. — M. T. Oldham (1) a signalé du sel gemme qui est associé à du chlorure de potassium (sylvine) et qui provient des mines de Mayo, dans le Salt Range, au nord du Pendschab.

Ce sel gemme appartient au terrain silurien et, par conséquent, c'est le plus ancien que l'on connaisse. Suivant M. Tschermak, il est blanc ou rougeâtre et présente un mélange grenu de sylvine, de sel marin et de kiesérite. La sylvine peut y devenir dominante et, dans certaines parties, la kiesérite est compacte.

ONTARIO. — M. J. Gibson (2) a décrit les gîtes salifères situés à l'ouest du lac Ontario. Ces gisements sont également siluriens, car ils se trouvent dans le groupe de Salina ou d'Onondaga; pour les atteindre, on a traversé successivement le calcaire cornifère du dévonien moyen et le calcaire à tentaculites du silurien supérieur. Le sel gemme a été reconnu sur une épaisseur de plus de 30 mètres, puissance jusqu'ici sans exemple en Amérique.

HÉRAULT. — Le *Salant*, ou la croûte de sel qui s'effleurit sur certains sols des départements français bordant la Méditerranée, est essentiellement formé, d'après M. Bérard, par du chlorure de

(1) Tschermak. *Mineral. Mittheilungen*, 1876, [illegible].
(2) *Americ. Journ.*, V, 362.

sodium qui est mélangé à des sulfates de chaux et de magnésie. En faisant l'analyse de terres provenant d'Agde (Hérault) et prises : I. à la surface ; II. à $0^m,30$ de profondeur, on a obtenu les résultats suivants :

	NaCl	CaO, SO^3	MgO, SO^3
I	6,16	0,18	0,23
II	0,76	0,05	0,13

A la surface du sol, il y a donc 30 fois plus de chlorure de sodium que de sulfate de magnésie, tandis que dans le sous-sol il y en a seulement 9 fois plus.

Trona.

INDE. — M. Wallace (1) a analysé les dépôts salins qui se forment dans plusieurs lacs de l'Inde et il a trouvé que leur composition est extrêmement variable :

I Cristaux bruns de Dulla Khar.
II — rosés de Nummuk Dulla.
III Dépôt non cristallisé de Papree.
IV Dépôt terreux gris de Bhooskee.

	I.	II.	III.	IV.
Partie soluble dans l'eau.				
Carbonate de soude anhydre	65,26	7,24	35,61	21,64
Acide carbonique en excès	7,35	0,54	3,75	2,25
Carbonate de potasse	0,27	—	0,13	—
Chlorure de sodium	0,60	86,66	39,21	20,17
Chlorure de magnésium	0,67	traces	traces	traces
Sulfate de chaux	traces	traces	traces	traces
Alumine et phosphate calcique	0,50	0,60	0,50	0,30
Partie insoluble.				
CaO,CO^2; MgO,CO^2; Fe^2O^3; Al^2O^3 } Silice	1,80	1,13	3,95	15,71
Silice				14,45
Matière organique insoluble	0,35	0,23	0,20	2,35
Eau de cristallisation	23.20	3,60	16,05	20.13
	100,00	100,00	100,00	100,00

Ces dépôts sont analogues au trona de l'Égypte.

Giobertite.

NÉGREPONT. — M. Léon Durand-Clayo a analysé au laboratoire de l'École des Ponts et Chaussées une giobertite (magnésite) provenant de l'île de Négrepont, dont la composition a été trouvée la suivante :

MgO,CO^2	CaO,CO^2	Résidu insoluble.	Al^2O^3, Fe^2O^3	Perte.	Somme.
97,85	1,30	0,10	0,60	0,15	100

(1) *Chemical news*, t. XXVII, p. 205, et *Bulletin de la Société chimique de Paris*. Octobre 1873. (Extrait par M. Guyerdet.)

Cette giobertite est presque de la magnésie carbonatée pure, et son analyse vient confirmer celle d'un autre échantillon du même gisement qui a été donnée précédemment (1).

PERSE. — Une terre comestible du sud de la Perse a été analysée par M. C. Schmidt (2). Elle provient du steppe salé Kirman, ce qui explique pourquoi elle renferme des sels alcalins. Cette terre comestible est un carbonate très-riche en magnésie, et par sa composition, elle diffère beaucoup des substances analogues qui ont été examinées jusqu'à présent.

CO^2, MgO	CO^2, CaO	$NaCl$	SO^3, NaO	CO^2, NaO	MgO, HO	Fe^2O^3	Al^2O^3	SiO^2	HO (1)	HO (2)	Somme.
66,97	23,63	3,54	0,29	0,60	1,31	0,09	0,23	0,77	1,15	1,42	100

(1) A 120° (2) Hygroscopique.

Une autre terre comestible, venant de Laponie, a également été analysée par M. C. Schmidt (3); elle est entièrement différente et consiste en une poudre blanche, légère, douce au toucher qui est formée par un mica riche en potasse.

Guano.

Les oiseaux aquatiques, ainsi que les phoques dont on rencontre des débris dans le guano de Guanape, ont été étudiés par M. H. Milne-Edwards (4); ils appartiennent tous à la faune actuelle du Pacifique. Ce résultat est intéressant à constater, si l'on a égard à la grande épaisseur et aux dislocations très-accusées que présentent quelquefois les couches de guano ainsi qu'à la variété des minéraux trouvés, soit dans les œufs d'oiseaux, soit dans le guano lui-même.

GUANAPE. — M. U. Shepard (5) a décrit comme minéral nouveau une substance qu'il a observée dans le guano de l'île Guanape.

Elle a une densité de 2,3 et présente des clivages rhombiques; on l'observe en veines et en nodules. Elle contient d'ailleurs : sulfate de potasse... 67,75, sulfate d'ammoniaque... 27,88, oxalate d'ammoniaque... 3,75; somme 99,38.

Cette substance a été désignée sous le nom spécial de *guanapite;*

(1) *Revue de géologie*, X, 48.
(2) *Jahresbericht über d. Fortschritte d. Chemie*. 1871, 1215.
(3) *Jahresbericht der Chemie*, 1871; 1074.
(4) *Journal de l'agriculture*. IV, 334.
(5) *Sill. Am. J.*, L., 273.

mais il est à craindre qu'elle ne soit un mélange ; en tout cas, M. U. Shepard mentionne encore dans ce guano de l'oxalate d'ammoniaque (*oxammite*) ainsi que deux phosphates d'ammoniaque (1).

M. Wibel (2) a proposé de nommer *guanovulite* un sel blanc, lamelleux qu'on trouve à l'intérieur des œufs d'oiseaux qui sont enfouis dans le guano de Guanape. Ce serait un sulfate acide double de potassium et d'ammonium.

Monophosphoguano.

Méjillones.— Le nom de *Monophosphoguano* a été donné à un guano d'oiseau, provenant de Méjillones en Bolivie, dans lequel l'acide phosphorique et l'azote sont presque entièrement à l'état soluble. D'après MM. J. A. Barral et Bobierre (3), qui l'ont examiné, il est brun rougeâtre, mais donne cependant une cendre blanche. Sa réaction est franchement acide. Il est mélangé de gypse et contient du phosphate de magnésie pur qui y forme des rognons.

Eau	16,01
Matières organiques azotées et sels ammoniacaux	18,09
Acide phosphorique à l'état soluble	13,40
— à l'état insoluble	1,50
Acide sulfurique	15,60
Autres matières minérales solubles	26,55
— insolubles	8,85
Somme	100,00

En moyenne, on y trouve 2,5 à 3 p. 100 d'azote et 35 p. 100 de phosphate soluble.

Chaux phosphatée.

Depuis que la chaux phosphatée est recherchée activement pour l'agriculture, on a constaté son association fréquente avec des roches éruptives, notamment avec le basalte. Ainsi M. Petersen (4) la signale à Rossberg et à Stetteritz dans le nord de l'Odenwald; elle y est à l'état d'*ostéolithe* et ses fissures sont tapissées de cristaux prismatiques d'apatite ayant visiblement une origine récente. D'un autre côté, on sait que l'apatite peut aussi se former par sublimation dans les cavités et dans les fentes des roches volcaniques, et en particulier M. Scacchi l'a observée dans les produits de la dernière éruption du Vésuve.

(1) *Revue de géologie*, XI.
(2) *Soc. chimique* 1874, XXII, 160 et *Revue de géologie*, XI, 200.
(3) *Journal de l'agriculture*, 20 septembre 1873.
(4) *Neues Jahrbuch*, 1873, 852.

— M. Alfred Caillaux (1) a discuté les différentes hypothèses proposées pour expliquer les accumulations de chaux phosphatée qui s'observent dans les terrains. M. Caillaux pense que toutes les substances nécessaires au développement de la vie devaient se trouver répandues dans l'écorce terrestre dès les premiers temps de sa consolidation, et que le phosphate de chaux, en particulier, décrit un cycle continu dans lequel, grâce à sa solubilité, il est utilisé par des générations successives de végétaux et d'animaux. Toutefois, en admettant ce cycle, il est bon de remarquer que des apports nouveaux de chaux phosphatée ont continué, pendant le dépôt de toute la série des terrains, soit par des sources minérales, soit par des roches éruptives ou volcaniques dans lesquelles l'analyse indique souvent des proportions très-notables d'acide phosphorique.

BELMEZ. — M. de Reydellet (2) a donné des coupes figurant les gisements de phosphorita de Belmez (Andalousie). En général, les fentes paraissent s'amincir en profondeur; elles sont ouvertes dans le calcaire carbonifère et les encrines de ce calcaire se retrouvent dans la masse même de la phosphorite mamelonnée. Il y a aussi des gîtes de phosphorite dans les granites et dans les schistes, mais ils sont moins riches et moins puissants.

HAINAUT. — MM. F. L. Cornet et Alph. Briart (3) ont appelé l'attention sur les gîtes de chaux phosphatée appartenant au terrain crétacé supérieur (tufeau de Maestricht), qui se trouvent à quelques kilomètres au sud de la ville de Mons. Un conglomérat qu'ils ont nommé poudingue de la Malogne présente la chaux phosphatée en nombreux nodules, arrondis ou irréguliers, et aussi sous la forme de moules ayant rempli divers fossiles. Ce poudingue est d'ailleurs assez irrégulier, et, bien qu'il puisse atteindre 1m,5, généralement, il a seulement quelques décimètres d'épaisseur.

La craie grise de Ciply, que ce poudingue recouvre, se compose, d'après MM. Cornet et Briart, d'un mélange très-friable de craie avec des grains bruns, riches en chaux phosphatée. Ces grains sont surtout abondans à la partie supérieure de cet étage, mais ils y sont disséminés assez régulièrement sur une épaisseur qui s'élève à 10 mètres. MM. Cornet et Briart estiment à plus de 14 millions de mètres cubes la masse qui serait exploitable pour l'agriculture

(1) *Journal d'agriculture pratique*, septembre 1874.
(2) *Bull. Soc géol.* [3], I, 350.
(3) *Bull. de l'Académie royale de Belgique* [1], XXXVII, n° 6.

si, par un procédé mécanique ou chimique, on parvenait à extraire économiquement de la craie de Ciply les parties les plus riches en phosphate de chaux.

Des analyses de ces phosphates de la Belgique ont été faites par M. Nivoit (1).

A Nodules de chaux phosphatée, séparés avec soin du ciment calcaire qui les entoure, et pris dans le poudingue de la Malogne.

B Craie grise de Ciply, venant de la partie moyenne et parsemée de petits grains bruns de chaux phosphatée.

	PO^5	SO^3	Cl	Fl	CaO	Fe^2O^3	Sable et argile.	Perte au feu.	Somme.
A	20,35	0,12	0,25	0,18	51,60	0,90	1,30	25,55	100,25
B	11,13	«	»	»	54,00	1,10	2,10	31,00	99,33

M. Melsens (2) a donné en outre les résultats de diverses recherches sur l'utilisation agricole de la chaux phosphatée de Ciply et, d'après M. Petermann, la craie grise de cette localité contient entre 20 et 31 p. 100 de phosphate calcaire.

Brunswick, Magdebourg. — On exploite depuis peu de temps au Gehlberg, près de Helmstedt (Brunswick), un gisement de nodules phosphatés formant une couche peu épaisse dans un sable vert glauconieux que M. de Koenen (3) rapporte à l'étage oligocène inférieur. Des gisements tout à fait semblables et du même âge ont aussi été reconnus aux environs de Magdebourg, à Wolmirsleben, à Egeln et à Osterweddingen. M. de Koenen admet que les nodules se sont formés dans le sable et postérieurement à son dépôt.

Podolie. — Le schiste silurien de la Podolie russe et autrichienne contient des nodules de chaux phosphatée qui ont été analysés par M. Schwackhöfer (4); voici la composition de l'un d'eux :

$3CaO,PO^5$	PO^5	CaFl	CaO, CO^2	Fe^2O^3	MnO^2	$Al^2O^3, 3SiO^2$	SiO^3	Substances organiques.	HO	Somme.
87,61	0,29	7,29	0,61	1,06	0,57	1.01	0,32	0,79	0,53	100,08

Suivant M. Schwackhöfer, cette chaux phosphatée provien-

(1) *Comptes rendus*. 1874.
(2) *Académie royale de Belgique* [2], XXXVIII, juillet 1874.
(3) *Neues Jahrb.*, 1873, 660.
(4) *Jahrb. geol. Reichsanst.*, XXI, 213.

drait du schiste silurien et aurait pseudomorphosé par infiltration des nodules qui étaient originairement formés de chaux carbonatée.

CANADA.—L'apatite du Canada se montre en couches épaisses, qui atteignent jusqu'à 5 mètres de puissance. Tantôt elle est en masses compactes, tantôt en cristaux verts ou bleuâtres ou rouges. L'analyse d'un de ces cristaux, dont la densité était de 3,166, a donné à M. R. W. Hutton (1) :

Densité.	3CaO,PO^5	CaFl	CaCl	CaO,CO^2	Fe^2O^3	HO	Quartz.	Somme.
3,166	90,82	5,70	0,14	0,38	0,40	0,32	0,10	97,86

Roches calcaires.

Arène calcaire.

HÉBRIDES. — Un sable coquillier, déposé sur la côte ouest des Hébrides, a été analysé par M. E. C. C. Stanford (2).

CaO, CO^2	MgO, CO^2	Résidu.	Phosphate de fer et d'alumine.	Substances organiques.	Somme.
68,50	1,51	25,69	2,00	2,30	100,00

Les substances organiques sont azotées et, de même qu'en Bretagne, sur nos côtes granitiques, le résidu laissé par l'acide contient des grains de feldspath.

Tangue.

PONTAVEN. — Une tangue de Pontaven, arrondissement de Quimperlé (Finistère), a été analysée au Bureau d'essai de l'École des mines, sous la direction de M. Moissenet :

Sable quartzeux.	FeO	CaO	MgO	Perte au feu.	Somme.
41,00	1,00	30,60	0,60	26,00	99,20 (*)

(*) Avec des traces de sulfate de chaux.

Vase calcaire.

GULF-STREAM. — Divers échantillons de vase et de dépôts calcaires, pris dans le lit du Gulf-Stream, entre Cuba et la Floride, ont été analysés par M. S. P. Sharples (3) :

(1) *Chem. News*, XXI, 150.
(2) *Chem. News*, XXI, 92.
(3) *Silliman American Journal* [3], t. I, 168. — Voir aussi *Revue de géologie*, X, 50.

A Dure, foncée, d'une profondeur de 180 mètres.
B Avec débris de coquilles et de coraux, de 210 mètres.
C Brèche composée de fragments de coraux qui sont cimentés par du calcaire, de 335 mètres.

	Densité.	CaO,CO²	MgO,CO²	3CaO,PO⁵	SiO²	Fe²O³	Eau et substances organiques.	Somme.
A	2,81	36,50	10,56	35,54	0,49	14,77	1,46	99,32
B	2,79	47,11	12,39	13,15	1,92	20,23	3,89	100,69
C	2,61	96,96	»	1,20	2,12	traces	traces	100,28

La silice de ces divers dépôts calcaires appartient presque exclusivement à des spicules de spongiaires.

La grande richesse en phosphate de chaux des échantillons A et B est d'autant plus remarquable que, comme nous venons de le voir, la craie supérieure de la Belgique renferme des couches contenant assez de phosphate pour être utilement exploitée pour l'agriculture (1). Ces couches se sont visiblement formées dans des conditions analogues à celles dans lesquelles s'opèrent actuellement les dépôts au-dessous du Gulf-Stream.

Craie.

GIEN. — M. J. A. Barral (2) a donné l'analyse de deux échantillons de la craie qui est exploitée à Gien pour le marnage des terres ; l'un A est de couleur blanche, l'autre B de couleur jaunâtre.

	Densité.	CaO,CO²	MgO,CO²	Silice et silicates.	Al²O³	Fe²O³	KO	PO⁵	Eau et perte.	Somme.
A	2,423	96,02	0,57	1,96	0,38	0,20	traces	0,06	0,81	100
B	2,500	95,54	0,63	2,04	0,17	0,42	0,06	0,04	1,10	100

Calcaire avec silice soluble.

WIERRE-AUX-BOIS. — M. Duvillier (3) a analysé une argile calcaire provenant de la base de la craie glauconieuse et recueillie à Wierre-aux-Bois (Bas-Boulonnais) par M. Barrois. Il a trouvé :

Sable et argile.	Silice soluble.	Oxyde de fer.	Carbonate de chaux.	Carbonate de magnésie.	Sels alcalins.	Somme.
62,72	3,71	6,03	26,04	0,45	1,01	99,96

Par la présence de la silice soluble, cette roche se rapproche de

(1) *Revue de géologie*, XII.
(2) *Bulletin des séances de la Société centrale d'Agriculture*, 3ᵉ série, t. IX 1874, 832.
(3) *Bull. Soc. géol.* [3], II, 228.

la *gaize* de l'Argonne, dont elle occupe le niveau géologique, ainsi que le remarque M. Barrois.

L'Homme-d'Armes. — Depuis quelques années on exploite, dans le terrain crétacé inférieur, une carrière de pierre à chaux hydraulique, qui est connue sous le nom de carrière de l'Homme-d'Armes et située dans la commune de Savasse, à 4 kilomètres au nord de Montélimart (Drôme). Des échantillons prélevés dans les différents bancs, par les soins de M. l'inspecteur général Pascal, ont été analysés par M. Léon Durand-Claye, au laboratoire de l'École des ponts et chaussées.

Les bancs sont au nombre de quatre et ont à peu près une puissance totale de 36 mètres. L'inférieur à 1m,65 d'épaisseur, les deux bancs intermédiaires, 13m,50 et 15m,50 et le supérieur 5 mètres. Voici leur composition, qui est d'ailleurs assez variable dans un même banc :

		CaO	MgO	Résidu insoluble.	Fe^2O^3 Al^2O^3	Perte au feu.	Somme.
Banc supérieur	à gauche (nord).	46,35	0,40	13,70	0,45	39,10	100,00
	au milieu.	50,75	0,50	8,45	0,65	39,75	100,00
	à droite (sud). .	52,95	0,50	4,45	0,45	41,65	100,00
3e Banc.	à gauche.	49,85	0,30	8,80	0,80	40,25	100,00
	au milieu.	51,45	1,25	5,05	1,00	41,25	100,00
	à droite.	48,35	0,60	12,65	0,45	37,95	100,00
2e Banc.	à gauche.	45,60	0,40	14,45	0,65	38,90	100,00
	au milieu.	46,95	0,65	14,05	0,70	37,65	100,00
	à droite.	48.00	0,75	12,75	0,45	38,05	100,00
Banc inférieur	à gauche.	47,00	0,40	13,15	1,05	38,40	100,00
	au milieu.	47,80	0,40	11,95	1,05	38,80	100,00
	à droite.	45,60	0,40	16,10	0,75	37,15	100,00

Une analyse faite sur de la chaux provenant de ces carrières a fait voir que le résidu insoluble est, comme au Theil, presque exclusivement siliceux : on y a trouvé 20,35 de silice pour 2,05 de peroxyde de fer et d'alumine (1).

Cruas. — Les bancs calcaires des environs de Cruas (Ardèche), connus depuis longtemps par la pierre de taille qu'ils fournissent à toute la vallée du Rhône, sont exploités depuis peu pour la fabrication de la chaux hydraulique. Ils sont situés sur la rive droite du Rhône, à quelques kilomètres au nord des carrières du Theil.

D'après les instructions de M. Pascal, des échantillons des divers bancs ont encore été pris dans toutes les carrières en exploi-

(1) Voir aussi *Revue de géologie*, IX, 33.

tation, et leur analyse a été faite au laboratoire de l'École des ponts et chaussées par M. L. Durand-Claye.

Dans le vallon de Crule, qui aboutit à Cruas, perpendiculairement à la vallée du Rhône, on rencontre d'abord la carrière de la Société de Cruas qui présente cinq bancs distincts dont l'épaisseur totale s'élève à 36m,50 au maximum. Comme la composition de chaque banc est assez variable, il y a été prélevé trois échantillons, l'un au milieu et les deux autres à chaque extrémité de la carrière. Leur analyse a donné les résultats suivants :

DÉSIGNATION.	SITUATION du banc.	Résidu insoluble.	Al^2O^3 Fe^2O^3	CaO	MgO	Perte au feu.	Somme.
Pierres isolées prises à la surface....	à gauche.	13,45	1,35	46.50	0,30	38,40	100,00
	au milieu.	17.35	2,35	42.80	0,60	36,90	100,00
	à droite..	13,95	1,90	45,20	0,65	38,30	100,00
5e banc. . . .	à gauche	12,40	0,80	48,25	0,50	38,05	100,00
	au milieu.	12,35	0.65	48,20	0,60	38,20	100,00
	à droite. .	11,55	1,30	47,95	0,45	38,75	100,00
4e banc. . . .	à gauche.	16,40	1,90	44,35	0,65	36,70	100,00
	au milieu.	17,50	1,20	43,90	0,70	36,50	100,00
	à droite. .	17,30	1,25	44,45	0,75	36,25	100,00
3e banc. . . .	à gauche.	12,60	1,05	47,30	0,20	38,85	100,00
	au milieu.	13,30	0,70	47,70	0,45	37,85	100,00
	à droite. .	14,05	0,60	46,80	0,40	38,15	100,00
2e banc. . . .	à gauche.	10,80	1,50	47,70	0,45	39,55	100,00
	au milieu.	14,30	0,95	46,60	0,45	37,70	100,00
	à droite, .	14,25	0,85	46,70	0,40	37,80	100,00
1er banc. . . .	à gauche.	18,90	2,05	41,75	0,85	36,45	100,00
	au milieu.	15,50	1,40	45.20	0,50	37,40	100,00
	à droite. .	17,20	2,10	42,80	0,70	37,20	100,00
Moyennes.		14,62	1,34	45,79	0,53	37,72	100,00

VALLÉE DU RHÔNE. — Voici maintenant la composition moyenne des bancs calcaires provenant de trois autres carrières se trouvant dans la vallée du Rhône :

I Carrière Verger, dans le vallon de Crule ; la puissance des bancs est de 19 mètres au maximum.

II Carrière Ravel et Nier, sur le bord de la route de Beaucaire, à 600 mètres du Rhône et à 2 kilomètres et demi au sud de Cruas ; cette carrière est élevée à 40 mètres seulement au-dessus de la plaine du Rhône. Elle présente quatre bancs ayant une épaisseur totale de 40 à 55 mètres.

III Carrière Cornet, sur le versant gauche du ruisseau de Bourdarie et sur la commune même du Theil. Elle se trouve à 250 mètres au-dessus de la vallée de Frayol ; elle se compose de bancs ayant au plus une épaisseur totale de 16 mètres.

	Résidu insoluble.	Al^2O^3 Fe^2O^3	CaO	MgO	Perte au feu et non dosé.	Somme.
I	11,83	1,67	47,41	0,52	38,57	100,00
II	13,55	0,44	47,31	0,47	38,23	100,00
III	8,00	0,71	49,99	0,38	40,92	100,00

Ces calcaires sont analogues à ceux du Theil et de L'Homme-d'Armes.

Calcaire argileux.

Brion. — Deux calcaires argileux de la commune de Brion, canton de Levroux (Indre), ont été analysés au Bureau d'essai de l'École des mines :

	I.	II.
Argile avec un peu de sable	4,60	12,00
Peroxyde de fer	1,00	2,00
Chaux	51,30	46,00
Magnésie	1,50	1,30
Sulfate de chaux	0,40	0,30
Acide carbonique, eau et perte par calcination	40,60	38.00
Somme	99,40	99,60

Ces calcaires appartiennent au jurassique moyen et sont exploités pour le marnage des terres.

Blancafort. — M. P. de Gasparin (1) a analysé la marne provenant de Blancafort (Cher).

CaO,CO^2	MgO,CO^2	SiO^2 et silicates.	Al^2O^3	KO	Fe^2O^3	PO^5	Eau	Somme.
83,68	0,39	12,57	traces	0,08	2,76	0,06	0,47	100,01

L'analyse montre que cette marne contient très-peu d'acide phosphorique ; elle est cependant très-estimée en Sologne, parce qu'elle est riche en chaux et aussi parce qu'elle se délite bien complétement sous l'influence de l'air humide. Elle appartient du reste au terrain crétacé supérieur.

Calcaire à chaux hydraulique.

France. — Divers calcaires propres à la fabrication de la chaux hydraulique ont été analysés au Bureau d'essai de l'École des mines, sous la direction de M. Moissenet :

(1) *Journal de l'Agriculture*, par M. J. A. Barral. 1er août 1874, p. 172.

A Calcaire hydraulique de Sainte-Foy-la-Grande (Gironde).

B Calcaire gris, homogène, de Chalonvillars, près Belfort (Doubs).

C Calcaire noduleux, gris bleu et jaunâtre, de Chalonvillars, près Belfort (Doubs).

	CaO	MgO	Al^2O^3	Fe^2O^3	SiO^2 et sable très-fin.	Argile.	Perte au feu.	SO^3, CaO	Somme.
A	42,05	0,60	»	1,60	»	17,00	38,20	0,45	99,90
B	39,20	3,00	2,00	3,60	17,00	»	33,60	0,26	98,66
C	43,00	3,60	1,60	3,00	9,60	»	38,60	0,30	99,70

Ablancourt. — Une carrière de calcaire à chaux hydraulique vient d'être mise en exploitation dans la commune d'Ablancourt (Marne). Elle présente cinq bancs dont chacun a une puissance comprise entre 2 et 4 mètres. Des échantillons de ces bancs ont été recueillis par M. l'ingénieur Rouville et analysés par M. Léon Durand-Claye, à l'École des ponts et chaussées. Voici les résultats obtenus :

	CaO	MgO	Résidu insoluble.	Fe^2O^3 Al^2O^3	Perte au feu.	Somme.
1er banc, haut de la carrière. . . .	52,10	traces	5,05	1,00	41,85	100,80
2e banc, *idem*.	49,05	*id.*	9,45	1,45	40,05	100,00
3e banc, *idem*.	50,00	*id.*	7,85	1.20	40,95	100,00
4e banc, *idem*.	46,90	*id.*	14,55	2,05	36,50	100,00
5e banc, au niveau du chemin de balage.	45,35	*id.*	14,90	1,85	37,90	100,00

On voit que l'argile augmente progressivement, quand on descend vers la partie inférieure de la carrière. C'est conforme du reste à ce qu'apprend la carte géologique de la Haute-Marne, par MM. Buvignier et Sauvage; car la craie grise se montre à Ablancourt, au niveau du canal latéral à la Marne; or cet étage du terrain crétacé est un peu argileux et alterne, près de sa base, avec des marnes grisâtres ou bleuâtres qui deviennent plus abondantes vers la partie inférieure.

Calcaire à ciment.

France. — Un grand nombre de calcaires argileux et de marnes à ciment ont encore été analysés au Bureau d'essai de l'École des mines :

A et B Calcaires à ciment, de Chapareillan (Isère).

C et D Calcaires à ciment, de Saint-Bauzille-de-Putois (Hérault).

E et F Marnes pour ciment, exploitées dans l'étage du gypse, et provenant des carrières du Raincy (Seine-et-Oise).

	CaO	MgO	CO^2	Argile et un peu de sable.	SiO^3	Al^2O^3	Fe^2O^3	SO^3	Eau et matières organiques.	Perte au feu.	Somme.
A	40,30	0,60	34,00	»	16,00(*)	4,60	1,60	0,10	2,00	»	[illegible]
B	29,60	5,50	23,00	»	28,20(*)	6,85	2,60	0,13	4,00	»	99,88
C	37,00	5,20	27,00	»	21,48	5,86	1,80	0,11	4,30	»	102,75
D	30,30	6,60	24,30	»	25,30	6,84	[illegible]	0,18	4,00	»	[illegible]
								SO^3,CaO			
E	34,60	2,30	»	25,50	»	»	2,10	2,20	»	32,00	99,80
F	23,00	12,00	»	29,60	»	»	1,80	traces	»	33,30	99,70

(*) Avec un peu de sable très-fin.

Marbre.

PYRÉNÉES. — M. E. Frossard (1) a fait des recherches sur l'âge des principaux marbres des Pyrénées.

Les marbres blancs saccharoïdes paraissent appartenir souvent aux formations paléozoïques les plus anciennes; les griottes de Paillole et de Grézian, toutes pétries d'innombrables goniatites, et celles de Sost avec encrines, aux formations dévoniennes; les marbres avec nérinées (de Bize et de Lhiéris), avec serpules (de Bize et de la Gailleste), et les marbres de Sarrancolin, aux formations coralliennes ou crétacées; les marbres avec chama (de Lourdes), au terrain aptien; les marbres avec grandes et petites hippurites (d'Izeste) au crétacé à rudistes; enfin, les marbres nankins de Castera-Verduzan dans le Gers, au calcaire tertiaire d'eau douce.

Calcaire cristallin.

PLABEN. — M. R. von Drasche (2) a analysé un hydrosilicate d'alumine et de magnésie qui forme des rognons dans le calcaire cristallin enclavé dans le gneiss de Plaben, en Bohême. Il a une couleur vert clair et un éclat gras; de plus il est transparent sur les bords. Le mélange de lamelles de graphite lui donne quelquefois une couleur vert noirâtre. Il peut aussi être accompagné de mica phlogopite. Sa densité est 2,81 et sa dureté à peu près celle de la serpentine.

SiO^2	Al^2O^3	FeO	MgO	Perte au feu.	Somme.
34,63	17,13	1,61	33,38	13,93	100,68

Nous observerons que cet hydrosilicate d'alumine et de magnésie présente à peu près les caractères et la composition de la Kœm-

(1) *Explorations pyrénéennes*, 2e série, avril 1874.
(2) *Neues Jahrb.*, 1873, 958.

mérérite et aussi de la variété de Pyrosclérite qui se trouve dans le calcaire cristallin du Saint-Philippe dans les Vosges (1).

Comme dans le gisement du Saint-Philippe, le centre de ses rognons est formé par un feldspath, et suivant M. R. von Drasche, ce dernier serait lentement pseudomorphosé par l'hydrosilicate magnésien. Toutefois, il ne nous paraît pas nécessaire d'admettre cette hypothèse, car lorsque des filons ou des veines serpentent dans des calcaires métamorphiques, les hydrosilicates magnésiens se groupent habituellement vers leur salbande.

NORWÉGE, MEXIQUE.— M. Damour (2) a fait l'analyse d'un grenat rouge clair (A) se trouvant dans un calcaire grenu de Rancho di San Juan (Mexique); il a également analysé une idocrase (B) qui était regardée habituellement comme grenat colophonite et qui provenait du calcaire d'Arendal.

	Densité.	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	MnO	CaO	MgO	Perte au feu.	HO	Somme.
A	3,57	39,46	21,69	1,36	»	0,96	35,75	0,67	0,40	»	100,29
B	3,44	36,32	16,70	»	6,20	1,40	34,86	0,73	»	2,58	98,79

RÉPUBLIQUE ARGENTINE.—Le calcaire cristallin de la République argentine a été étudié par M. Alfred Stelzner (3). Le plus ordinairement il est à grain moyen, et constitue un marbre bleu clair qui, dans la Sierra de Cordoba, alterne avec des schistes cristallins. Il contient du quartz, de l'orthose, de l'hornblende, du mica, du sphène, du grenat, de l'épidote, du pyroxène (coccolite), de la paranthine, de la wollastonite, de la chondrodite, de la serpentine et du spinelle. Ce sont les minéraux que renferme généralement le calcaire métamorphique (4).

Roches siliceuses.

Silex avec soufre et acide sulfurique.

M. Antony Guyard (5) a analysé un silex, blanc, poreux, provenant de Grèce; il est imprégné de soufre et produit sur la langue une saveur acide très-prononcée, due à de l'acide sulfurique

(1) Delesse, *Annales des mines*, 5e série, XIII, p. 397, 398.
(2) *Annales ch. et phys.*, t. XXIII, 157.
(3) G. Tschermak, *Mineral Mittheil*, 1873, p. 230.
(4) Delesse, *Bulletin de la Soc. géol.* 2e série t. IX, p. 126.
(5) *Bulletin de la Société chimique de Paris*, juillet 1874. (Extrait par M. Guyerdet.)

libre qui s'y trouverait en très-forte proportion. Sa composition serait la suivante :

Silice	80,38
Acide sulfurique libre	6,80
Soufre	4,10
Oxyde de fer	0,57
Chaux	1,25
Alumine	0,43
Magnésie	0,37
Eau	6,10
Somme	100,00

Sable quartzeux.

Arcachon. — Le sable de la partie supérieure des dunes d'Arcachon (Gironde) a été analysé par MM. A. Baudrimont et J. Delbos (1) :

Sable siliceux		97,75
Peroxyde de fer		0,23
Chaux, magnésie, potasse, soude, manganèse et acide phosphorique		0,52
Matière combustible	Azote	0,04
	Complément	1,11
Humidité		0,35
Somme		100,00

Traité par l'eau distillée bouillante, ce sable a donné un produit soluble qui, après évaporation à une température peu élevée, pesait 0g,65 sur 1.000 grammes et contenait :

Matières organiques	0,602
Matières minérales	0,048
Somme	0,650

Les matières minérales trouvées dans le produit soluble représentent à peu près le douzième des matières organiques ; de même que l'humus des terres végétales, elles contiennent de la potasse, du phosphate de fer, ainsi que des oxydes de fer et de manganèse (2).

MM. Baudrimont et Delbos observent que le rapport des matières minérales aux matières organiques reste constant pour la partie supérieure et pour la partie inférieure de la dune ; toutefois, pour la partie inférieure, le produit soluble se réduit au 24e de celui de la partie supérieure de la dune où l'humus, qui est fourni par les végétaux, devient plus abondant.

(1) *Étude des différents sols du département de la Gironde*, Bordeaux, 1874, p. 6.
(2) *Revue de géologie*, XI, 28.

CHRISTIANIA, TERRE NEUVE.—Parmi divers échantillons de sables marins déposés à l'époque actuelle, que M. L. Périer (1) a examinés, nous mentionnerons :

A Sable vaseux, gris d'ardoise, de l'entrée du Fiord de Christiania.

Gros sable quartzeux, pointillé de noir et de roux, avec quelques parties calcaires paraissant provenir de débris de coquilles; pris sur le Grand banc de Terre-Neuve, à 65 mètres de profondeur.

	A	B
Eau et matières organiques	5,06	»
Résidu insoluble dans l'acide contenant environ 17 d'argile	94,94	»
Quartz hyalin, jaunâtre, rougeâtre, vert, avec esquilles de silex	»	89,12
Quartzite vert noir, lie de vin et noir	»	8,38
Chaux carbonatée	traces	2,00
Grains magnétiques	»	0,50
Somme	100,00	100,00

Ces dépôts sableux n'ont que peu ou point de carbonate de chaux, qui est d'ailleurs fourni par des coquilles. Celui de l'entrée du fiord de Christiania provient des débris des roches granitiques et schisteuses qui appartiennent au bassin hydrographique du fiord. Celui du banc de Terre-Neuve est formé des débris que donne le banc lui-même et aussi de ceux qui sont apportés par les glaces flottantes.

LINCOLN. — Un sable quartzeux, blanc, très-pur, s'exploite pour la fabrication du verre, dans le comté Lincoln (Missouri). D'après M. Chauvenet (2), voici quelle est sa composition :

SiO^2	Al^2O^3	FeO	CaO	HO	Somme.
99,55	0,33	traces.	0,08	0,02	99,98

M. W. B. Potter observe que ce sable est associé à un grès saccharoïde (*saccharoidal sandstone*) qui appartient au silurien inférieur, et se trouve compris entre deux couches de calcaire magnésien. Le grès saccharoïde pur est très-friable et passe à des couches de sable; mais, dans certaines parties, il a une couleur grisâtre ou jaunâtre qui devient même brun rougeâtre au contact de l'air ; il est probable que ses grains sont alors cimentés par du fer carbonaté.

(1) P. Fischer, de Folin, L. Périer : *Les Fonds de la mer*, tome II, 1873, p. 192 et 208.

(2) R. Pumpelly : *Geolog. Survey of Missouri*. 1873, 284.

Alios.

LANDES. — M. A. Baudrimont (1) a donné la composition de l'*alios* de Cestas. Sa couleur était jaune brun et, après pulvérisation, il pesait 152g,2 au décilitre :

Sable quartzeux		97,30
Matières organiques	Azote	0,16
	Complément	2,54
	Somme	100,00

Dès l'année 1847, M. Fauré a fait l'examen de la matière organique qui cimente l'*alios* des Landes dans laquelle il a reconnu de l'albumine végétale; il a constaté de plus que 100 parties de cette matière sèche donnent 25 à 30 parties de cendres contenant de l'oxyde de fer, de l'alumine, de la silice ainsi que de la chaux.

TEUTOBURG. — Dans le bois du Teutoburg, on désigne sous le nom d'*ortstein*, un *alios*, très-nuisible à la végétation, qui consiste en un sable brun noirâtre, se trouvant près de la surface du sol et ayant une épaisseur qui varie de quelques centimètres à 0m,5. D'après M. von der Marck (2), il renferme, outre le sable, de 2,84 à 9,95 d'une matière organique; il renferme aussi des traces de chaux ainsi que de la limonite qui peut même devenir abondante et le faire passer à un grès ferrugineux.

Poudingue.

POMPEIOPOLIS. — M. Ch. Ritter, ingénieur en chef des ponts et chaussées, a trouvé à Pompeiopolis, en Asie Mineure, un poudingue qui est actuellement en voie de formation. Ce poudingue est constitué par les grains de la plage qui ont environ 6 millimètres et proviennent de la destruction de roches siliceuses.

Un ciment calcaire, très-dur, les réunit et donne à la roche l'aspect d'un mortier fabriqué. D'après l'analyse qu'en a faite, dans le laboratoire de l'École des ponts et chaussées, M. L. Durand-Claye, ce ciment se compose de :

CaO,CO^2	MgO,CO^2	Total.
78,5	21,5	100,00

Il contient donc 3 atomes de carbonate de chaux pour 1 de carbonate de magnésie. C'est un exemple remarquable de la formation actuelle d'un calcaire magnésien.

(1) *Étude des différents sols du département de la Gironde;* Bordeaux, 1874, p. 20.
(2) *Jahresbericht der Chemie*, A. Naumann, 1870, p. 1374.

Sable avec calcaire.

BAIE DE SOMME. —M. Nadault de Buffon a fait prendre dans la baie de Somme des lais de mer qui ont été analysés à l'École des ponts et chaussées par M. Léon Durand-Claye. Voici leur composition :

Matières organiques.		Résidu insoluble.		CaO, CO^2	Al^2O^3 Fe^2O^3	Total.
Azote.	Complément.	Sable.	Argile.			
0,08	3,36	59,49	2,07	33,01	1,54	99,55

BAIE DE LA TABLE. — Un sable marin de la baie de la Table, au Cap de Bonne Espérance, a été essayé par M. L. Périer (1). Il est gris, vaseux, coquillier avec foraminifères, et laisse dans l'acide un résidu quartzo-schisteux pesant 57 p. 100. L'examen de ce résidu a montré à M. P. Petit qu'il contient des spicules siliceux de spongiaires et surtout des diatomacées qui sont en grande partie fossiles, et se rencontrent dans le guano ainsi que dans le tripoli d'Afrique.

CAP SAINT-JACQUES.—Une vase sableuse, recueillie au cap Saint-Jacques (Cochinchine), a été examinée par M. L. Périer (2). Desséchée à l'air, elle est brune, légèrement agglomérée, et s'émiette facilement sous la main ; elle présente la composition suivante :

Humidité	4,50
Matières organiques	3,00
Argile	5,00
Chaux carbonatée	7,30
Magnésie	traces
Sable quartzeux	80,20
Somme	100,00

Sable glauconieux.

RUSSIE. — Différentes glauconies provenant du terrain silurien ont été analysées par M. A. Kupffer (3). Leur densité varie de 2,76 à 2,79.

I Glauconie du sable silurien d'Ontika, en Esthonie.

II Glauconie du grès silurien de Baltischport, en Esthonie.

III Glauconie du calcaire silurien de la rivière Swir, entre les lacs Onega et Ladoga.

(1) Fischer, de Folin, L. Périer : *Les Fonds de la mer*, II, 252.
(2) Fischer, de Folin, L. Périer : *Les Fonds de la mer*, II, 244.
(3) *Jahresbericht der Chemie*, A. Naumann, 1870, 1307.

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	MgO	CaO	KO	NaO	HO	Quartz.	Somme.
I	51,93	9,20	15,31	4,73	3,79	0,30	8,02	0,20	5,52	0,40	99,40
II	52,38	10,53	13,77	4,36	4,96	0,08	8,00	0,04	5,88	»	100,00
III	49,42	10,23	16,01	3,00	3,78	0,31	7,91	0,26	8,08	0,80	99,80

La composition de la glauconie reste à peu près la même dans le sable glauconieux et dans le calcaire glauconieux, quelque soit d'ailleurs l'âge du terrain, qu'il soit silurien ou tertiaire. La glauconie se forme même actuellement, puisqu'on la trouve remplissant les cavités de foraminifères vivants.

Opale.

De nombreuses opales ont été examinées au microscope par M. H. Behrens (1). Il a reconnu que leur masse peut contenir de l'hydrophane, du quartz, de l'hématite, de la limonite, de la nontronite, de la terre verte, de la serpentine, du sulfure d'arsenic, de la chaux carbonatée. C'est seulement dans quelques cas rares qu'on y observe des matières organiques. Quelquefois leur structure devient oolitique par suite de petites concrétions de tridymite.

Le jeu de couleurs propre à l'opale est attribué par M. Behrens à des lamelles minces, réfléchissantes, qui étaient originairement horizontales et qui ont été fissurées et ployées, par suite d'une dessiccation. En tout cas, il y a eu certainement une contraction inégale, car on constate une double réfraction très-forte et toutes les opales nobles sont même à deux axes. Au contraire M. Behrens n'a pu observer les cavités que Brewster considérait comme la cause des couleurs si brillantes de l'opale.

Silice argileuse.

Seurre. — Une terre à brique de Broin près Seurre (Côte-d'Or) a été analysée au laboratoire de l'École des mines :

Sable fin avec un peu de silice.	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	Perte au feu.	Somme.
77,60	6,30	4,30	4,00	0,60	7,00	99,80

Cette terre à briques est formée par de la silice pulvérulente qui est mélangée d'un peu d'argile.

Grès argileux.

Cuzom. — M. Barachon a fait l'essai d'un grès argileux, éocène, qui provient de sables quartzeux, cimentés, accompagnant

(1) *Jahresbericht der Chemie*, 1871, 1140.

l'argile réfractaire de Fumel, de laquelle il sera parlé plus loin :

SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	Perte au feu.	Somme.
72,70	16,40	1,90	1,60	7,20	99,80

Roches argileuses.

Vase lacustre.

GARONNE, DORDOGNE, OISE. — M. A. Baudrimont (1) a analysé les vases déposées par les eaux de la Garonne, de la Dordogne et de l'Oise, cette dernière étant prise à Giraumont :

	GARONNE.	DORDOGNE.	OISE.
Humidité	3,95	2,00	1,25
Matières organiques. { Azote	0,15	0,15	0,17
Matières organiques. { Complément	6,55	6,50	3,75
Acide carbonique	4,50	2,00	»
Oxyde de fer	4,87	7,00	2,41
Chaux	2,47	2,01	1,33(***)
Alumine	6,38	» (*)	» (*)
Magnésie	1,69	0,04(**)	»
Résidu insoluble (sable siliceux)	69,44	80,30	91,09
Somme	100,00	100,00	100,00

(*) Dosée avec le fer.
(**) Magnésie et perte.
(***) Chaux, magnésie et perte.

Les vases de la Garonne et de la Dordogne donnent des terres d'alluvion très-fertiles, non marécageuses, qu'on désigne sous le nom de *palus;* celles de la Dordogne sont même exploitées comme engrais.

BOURG. — Une vase d'eau douce de l'étang du Bourg (Loiret), contenant, pour 100 parties, 10 de matières argileuses et 90 de matières sableuses, est exploitée pour amender les terres ; d'après M. J. A. Barral (2), elle présente la composition suivante :

Eau.	Matières organiques	Az	Cendres ou matières minérales. Matières insolubles dans AzO^5	CaO	PO^5	KO	MgO	Fe^2O^3	Al^2O^3	SO^3	Silice soluble.	Somme.
31,70	12,54	0,60	48,09	traces	0,35	0,26	0,14	2,30	3,62	0,25	0,15	100

(1) *Études des différents sols du département de la Gironde*, Bordeaux, 1874, 27.
(2) *Bulletin des séances de la Société centrale d'agriculture*, 3e série, t. IX, 1874, 839.

On voit, par cette analyse, que c'est un sable peu argileux, riche en matières organiques azotées, et contenant d'ailleurs de l'acide phosphorique et de la potasse, mais peu ou point de calcaire. Sa composition et sa richesse en azote sont du reste assez variables.

L'absence du calcaire dans cette vase doit être attribué à ce que le bassin hydrographique de l'étang du Bourg est formé par des sables argileux, qui en sont eux-mêmes dépourvus.

Vase marine.

VIGO. — La vase marine de la baie de Vigo a été essayée par M. L. Périer (1). Cette vase est un mélange d'argile et de sable quartzeux avec des coquilles; on l'a extraite, au moyen de la cloche à plongeur, des galions de Philippe V qui ont coulé le 22 octobre 1702.

Argile et sable quartzeux très-fin.	Chaux carbonatée.	Mica.	Eau et matières organiques.	Somme.
91	3	traces	6	100

Argile réfractaire.

FRANCE. — Des argiles et des terres, provenant de différentes parties de la France et servant à fabriquer des produits réfractaires, ont été analysées au Bureau d'essai de l'École des mines.

A Terre réfractaire blanche du Briou, près Vierzon (Cher)
B Terre réfractaire jaunâtre de Buzançais (Indre).
C Argile grise des environs d'Amiens (Somme).
D Argile rougeâtre de Sermaize (Marne).
E Argile noirâtre de Sermaize (Marne).

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	Alcalis.	SO^3	Perte au feu.	Somme.
A	83,00(*)	7,60	0,80	1,00	0,30	»	»	7,00	99,70
B	64,00(**)	22,60	2,20	0,70	traces	»	»	10,30	99,80
C	60,00	26,30	0,90	0,60	0,30	traces	très-faibles.	11,60	99,70
D	54,00	29,00	1,03	1,30	1,50	1,00	traces	12,00	99,83
E	50,00	26,00	0,80	2,40	1,50	1,20	traces	18,00	99,90

(*) Avec sable. (**) Avec sable.

FUMEL. — On exploite à Fumel et aux environs une argile éocène qui est associée au minerai de fer et que l'on utilise pour fabriquer de bonnes briques réfractaires. Différentes variétés de cette argile ont été analysées par M. Barachon (2) après avoir été

(1) *Les Fonds de la mer*, t. II, 1873, 199.
(2) Lettre à M. Delesse, 1874.

soumises à une lévigation ayant pour but d'en séparer autant que possible le quartz libre.

A Argile blanche, douce au toucher, réfractaire, de Fumel.

B Argile rose, douce au toucher, très-plastique, mélangée de quartz très-fin ; prise à 3 kilomètres au nord de Fumel.

C Argile dure, non délayée par l'eau et colorée en rouge ; prise aux environs de Cuzom.

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	Perte au feu.	Quartz.	Somme.
A	40,60	34.50	»	13,40	11,00	99,50
B	49,70	32,70	1,40	13,50	2,00	99,30
C	56,50	27,58	2,72	12,75	»	99,55 (*)

(*) Traces de chaux.

L'argile A de Fumel ne contient pas de chaux ni de fer ; lorsqu'on en retranche le quartz et la perte au feu, on y trouve : silice 54,06, et alumine 45,94. Elle convient très-bien à la construction des hauts fourneaux qui fournissent des laitiers très-basiques et de ceux qui fondent des minerais alumineux, comme les minerais en grains du Berry.

Belgique, Hesse. — Quelques argiles réfractaires, célèbres par leurs applications industrielles, ont encore été analysées par M. C. Bischof (1); mentionnons spécialement celle d'Andennes en Belgique (A), et celle du Mönchberg, aux environs de Cassel (B) :

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	MgO	CaO	KO(*)	HO	X(**)	Somme.
A	39,69	34,78	1,80	0,41	0,68	0,41	12,00	9,95	99,72
B	33,59	27,97	2,01	0,54	0,97	0,53	9,43	24,40	99,44

(*) KO alcali dominant. (**) Sable.

Lincoln. — M. W. B. Potter (2) a constaté que, dans le comté Lincoln (Missouri), des argiles réfractaires sont associées à la plupart des couches de houille ; toutefois elles sont généralement en quantité assez limitée. Il signale spécialement deux argiles réfractaires intercalées dans le calcaire carbonifère inférieur. L'une A est dans le calcaire à réceptaculites ; l'autre B dans le calcaire à encrines. Elles remplissent des dépressions ou bien des cavités dans ces calcaires qui contiennent du silex, et, selon M. Potter, elles pourraient provenir de leur décomposition. Voici leurs analyses d'après M. Chauvenet :

(1) *Dingler pol. J.* CXCVI, 438.
(2) R. Pumpelly : *Geolog. Survey of Missouri*, 1873, 288.

	SiO^2	Al^2O^3	FeO	MgO	CaO	Perte et alcalis.	Eau combinée.	Eau hygrométrique.	Somme.
A	72,35	15,86	2,25	1,48	1,09	2,46	3,05	1,46	100
B	65,35	21,20	2,05	1,27	0,52	2,64	4,83	2,14	100

Allophane.

DEHRN. — M. G. vom Rath (1) a analysé une allophane ressemblant à de l'hyalite et formant des stalactites à Dehrn, près Limbourg (Nassau).

Densité.	SiO^2	Al^2O^3	CaO	HO	Somme.
2,079	23,53	37,73	1,92	36,86	100,04

D'après cette analyse, sa formule serait :



$$Al^2O^3, SiO^2 + 5HO.$$

Argile ferrugineuse.

SILÉSIE. — M. R. Büttner (2) a donné l'analyse d'un *bol* ou argile ferrugineuse, de couleur brune, qui se montre en nids dans le basalte décomposé de Mullwitz en Silésie.

SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	NaO	KO	HO	Somme.
61,43	14,63	7,88	1,56	1,81	0,18	0,33	11,84	99,66

Argile salifère.

WESTEREGELN. — L'argile salifère (*Salzthon*) de Westeregeln a été analysée par M. E. Weiss (3) qui y a recherché les sels solubles, dont la proportion s'élève à 10,97 p. 100.

SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	MgO	SO^3,CaO	SO^3,MgO	MgCl	KCl	NaCl	Eau, alcalis et perte.	Somme.
Partie insoluble.				Partie soluble.						
38,50	19,64	7,02	8,85	0,80	0,38	4,01	1,18	4,60	15,22	100,20

Lorsque cette argile salifère est abandonnée à l'air, elle se recouvre d'efflorescences fibreuses qui sont formées d'un mélange de chlorure de sodium et de chlorure de magnésium.

Schiste bitumineux.

MÉNAT. — Un schiste bitumineux de Ménat (Puy-de-Dôme), ainsi

(1) *Jahresber. über d. Fortschritte d. Chemie*, 1871, 1157.
(2) *Jahresbericht über d. Fortschritte d. Chemie*, 1871, 1208.
(3) *Zeitschrift d. deutschen geol. Gesellschaft*, 1873. — *Neues Jahrbuch*, 1874, 308.

que les cendres provenant de sa combustion, ont été analysés au Bureau d'essai de l'École des mines.

SCHISTE.

Cendres	62,35
Eau ammoniacale	9,00
Huile brute et produits solides	5,00
Gaz et matières non condensées	11,30
Charbon	12,35
Somme	100,00

CENDRES.

SiO^2 soluble dans la potasse	73,00
SiO^2 insoluble *id.*	19,00
Fe^2O^3 avec traces de Al^2O^3	3,60
CaO	0,60
MgO	0,20
Eau	3,10
Somme	99,50

On voit que ce schiste, qui prend feu spontanément, contient moins de 13 p. 100 de charbon. Quant à ses cendres, elles sont essentiellement formées de silice soluble dans la potasse, ce qui devait être, puisqu'on y reconnaît au microscope une multitude de carapaces siliceuses d'infusoires.

Schiste.

LUNZENAU. — Plusieurs analyses de schistes ont été faites par M. J. Fikenscher (1).

A Schiste primaire (*Urthonschiefer*) de Penna.
B Schiste de Selgegrund près de Wechselberg.
C Schiste moucheté (*Garbenschiefer*), de la même localité.

	SiO^2	Al^2O^3	FeO	MnO	TiO^2	CaO	MgO	KO	NaO	HO	Somme.
A	64,87	18,37	6,13	0,49	1,63	»	2,22	3,01	0,62	4 20	101,54
B	67,70	17,07	5,11	0,30	1,22	0,47	2,10	2,89	0,40	2,60	99,86
C	64,80	18,11	6,06	0,33	1,56	0,29	2,02	2,90	0,34	4,38	100,79

Ce schiste forme à Lunzenau une presqu'île dans laquelle il entoure le leptynite (*granulite*) d'une sorte de manteau. M. le professeur T. Scheerer observe à ce sujet que le schiste de Lunzenau présente à peu près la composition du micaschiste de la même région; de plus, étant débarrassé de son eau, il a aussi la même composition que le *trappgranulite* de Nieder-Rossau dont l'analyse sera donnée plus loin.

(1) *Neues Jahrbuch*, 1873, 689.

Podolie. — M. F. Schwackhöfer (1) a fait l'analyse du schiste silurien de Zurczewka (Podolie russe), dans lequel on trouve la phosphorite dont l'analyse a été donnée précédemment. Il a déterminé pour ce schiste la composition de sa partie soluble dans l'acide chlorhydrique (I), et celle de sa partie insoluble (II) :

	Fe^2O^3	FeO	Al^2O^3	CaO	MgO	KO	NaO	SiO^2	CO^2	PO^5	Substances organiques.	HO	Somme.
I	4,78	2,70	8,86	1,47	1,11	1,23	0,21	traces	0,42	0,33	»	1,35	22,46
II	2,57	traces	12,68	traces	0,41	1,83	2,03	55,36	»	»	4,06	»	77,94

M. Schwackhöfer indique en outre des traces de manganèse, de chlore, de fluor et d'acide sulfurique.

Roches silicatées non feldspathiques.

Péridotite.

M. F. Sandberger (2) a signalé la présence de l'apatite dans les diverses roches à base de péridot. Dans la Lherzolite, en particulier, M. Hilger a trouvé jusqu'à 0,11 d'acide phosphorique et la plupart des échantillons de cette roche lui ont en outre donné des traces de cobalt.

Grenatite.

Berzet. — Une roche de Berzet (Auvergne), désignée d'abord par Lecoq comme pétrosilex céroïde, a été analysée par M. de Lasaulx (3). Elle présente des veines brunes et vertes ; leur couleur brune tient à du grenat, et lorsque leur couleur devient verte on y voit du mica. Au microscope on y distingue aussi du quartz, du feldspath anorthose, de l'hornblende, de la chlorite et de l'épidote.

Densité.	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	MnO	CaO	MgO	KO	NaO	HO	Somme.
3,002	46,72	8,82	18,20	4,51	17,28	1,21	2,10		0,73	99,57

Cette roche, pour laquelle M. de Lasaulx propose le nom de *Granat-aphanite*, est une sorte de grenatite ; lorsqu'elle se charge d'hornblende et de chlorite, elle passe d'ailleurs sur le terrain à une aphanite dioritique.

(1) *Jahresbericht der Chemie*, 1871, 1197.
(2) *Jahresber. über d. Fortschritte d. Chemie*, 1871, 1203.
(3) *Neues Jahrb.*, 1874. 255.

Éclogite (1).

Haute Françonie. — Des éclogites de la haute Françonie ont été analysées récemment par M. von Gerichten (2).

A d'Eppenreuth. Elle contient du grenat rouge brun dont la composition est donnée par A_1, de l'omphazite d'un vert d'herbe, du disthène, des grains de quartz et accidentellement de l'apatite ainsi que de la pyrite de fer.

B de Schorgast. Elle renferme du grenat B_1, des veines brun noirâtres de Carinthine, de la smaragdite vert clair avec un peu d'omphazite et de disthène. On y reconnaît en outre une grande variété de minéraux accessoires, des micas muscovite et biotite, de l'oligoclase, de l'hyacinthe, du péridot, de l'apatite, de la pyrite magnétique, ainsi que de la pyrite de fer.

Après avoir débarrassé de son grenat (A_1B_1) la masse des deux éclogites (AB), M. von Gerichten l'a également analysée (A_2B_2).

	Densité.	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	MnO	MgO	CaO	KO	NaO	HO	Somme.
A	3,40	57,10	11,66	2,84	3,22	0,81	6,37	13,80	0,81	2,21	0,54	98,86
B	3,43	48,81	16,25	6,00	7,48	0,43	7,52	9,72	0,46	2,64	0,12	99,43
A_1	»	43,37	23,13	»	14,63	0,98	4,78	13,48	»	»	»	100,37
B_1	»	41,45	16,15	11,50	12,40	0,90	8,36	10,51	»	»	»	101,27
A_2	»	60,43	8,49	»	4,10	»	10,10	14,21	1,34	2,50	0.61	101,78
B_2	»	56,06	16,02	»	4,50	»	6,52	10,23	1,09	3.89	0,30	98,61

D'après M. von Gerichten, l'éclogite type du Fichtelgebirge, avec omphazite, contient environ 25 p. 100 de grenat, 4,5 de quartz, de disthène et de mica, et 70,5 d'omphazite. Dans les variétés qui se chargent d'hornblende, les rapports sont à peu près 50 p. 100 de grenat et 50 p. 100 de la masse.

Il est assez remarquable qu'une roche contenant du quartz, comme l'éclogite, ne soit pas plus riche en silice.

Talc.

Bourg-d'Oisans. — Le talc de Bourg-d'Oisans (Isère) a été analysé au Bureau d'essai de l'École des mines, sous la direction de M. Moissenet.

SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	Perte par calcination.	Somme.
59,00	5,60	3,30	0,40	28,00	3,40	99,70

Serpentine.

Meronitz. — Le grenat pyrope qui s'exploite à Meronitz, en Bohême, se trouve dans de la serpentine ou dans une roche formée de serpentine et d'opale. M. C. Doelter (3) a fait l'analyse de

(1) Voir *Revue de géologie*, XI, 53.
(2) *Neues Jahrbuch*, 1874, 431.
(3) *Neues Jahrbuch*, 1873, 650

cette dernière roche. Elle présente une couleur qui varie du blanc jaunâtre au vert pistache. On y reconnaît aisément de l'opale ayant une cassure conchoïde, un éclat gras et se distinguant, par une dureté plus grande, de la serpentine qui lui est mélangée. Une dissolution de potasse bouillante l'attaque fortement et l'acide chlorhydrique en dissout aussi une petite partie. En outre il y a du carbonate de chaux et du carbonate de magnésie, probablement à l'état de dolomie.

SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	Cr^2O^3	FeO	CaO	MgO	HO	CO^2	Somme.
80,10	0,30	traces	traces	2,74	3,08	3,39	6,09	5,24	100,94

L'analyse montre que cette gangue du pyrope est essentiellement formée d'opale. Du reste, dans les environs de Meronitz, l'opale devient très-abondante et, comme l'observe M. Doelter, elle doit avoir été déposée par des sources minérales.

Kraubat. — De l'hydromagnésite forme de petites aiguilles ou des agrégats, dans la serpentine de Kraubat en Styrie et d'après M. G. Tschermak (1) voici quelle est la composition :

CO^2	MgO	HO	Résidu.	Somme.
35,71	44,02	19,74	0,99	100,46

Allophite.

Un minéral de Langenbielau, en Silésie, qu'on supposait jusqu'à présent appartenir à la serpentine, est considéré par M. Websky (2) comme une espèce minérale nouvelle à laquelle il donne le nom d'*Allophite*. Ce minéral forme des masses cristallines, grenues, pénétrées de lamelles de Biotite. Sa dureté est celle de la chaux carbonatée. Sa couleur est le vert clair, avec une translucidité plus grande que celle de la serpentine. Une analyse faite par M. Leffler a donné :

Densité.	SiO^2	Al^2O^3	MgO	FeO	Cr^2O^3	HO	Somme.
2,641	36,23	21,93	35,53	2,18	0,85	2,98	99,70

Examinée au microscope, l'*allophite* présente un enchevêtrement d'écailles, comme la pseudophite qui sert de gangue à l'enstatite de la vallée Aloys en Moravie.

(1) *Jahresbericht der Chemie*, 1871, 1178.
(2) *Neues Jahrbuch fur Mineral Geolog.* etc., 1874, 429.

Roches plutoniques orthosées.

Rappakivi.

Finlande. — Le granite orbiculaire ou globuleux de la Finlande, qui est connu sous le nom de *Rappakivi*, se rencontre en blocs erratiques dans la Livonie; l'analyse d'un de ces blocs de granite a été faite par M. H. E. Benrath (1) :

SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	KO	NaO	HO	Somme.
74,24	12,13	2,88 (*)	0,90	0,19	6,68	2,50	0,04	99,56

(*) Avec oxyde de titane.

Granite.

Vosges. — On essaye d'employer à l'amendement des terres deux granites des Vosges, qui sont en partie décomposés; l'un A vient de Forgoutte, l'autre B de Peut-Haut, près de Bussang. D'après l'usage auquel ces granites sont destinés, il suffisait d'y doser la proportion des bases dissoutes dans l'acide chlorhydrique, après séparation de la silice; c'est ce qui a été fait au laboratoire de l'École des mines. On a obtenu ainsi, sur 100 parties traitées par l'acide chlorhydrique :

	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	KO	NaO	Somme des bases dissoutes.
A	4,60	2,30	0,35	traces.	0,25	traces.	7,50
B	7,70	2,90	0,40	traces.	0,45	traces.	11,45

Sierra de Cordoba. — Le granite de la Sierra de Cordoba, dans la République argentine, s'élève au-dessus des Pampas et il est traversé par de puissants filons ou amas de quartz qui restent quelquefois en saillie, par suite de sa destruction par l'atmosphère. M. Alfred Stelzner (2) a constaté que ce quartz est accompagné de mica et d'orthose pouvant atteindre 1 mètre de longueur; de plus l'émeraude s'y montre en cristaux mesurant jusqu'à 0m,5, près de San Roque. M. Stelzner mentionne aussi la triplite, qui forme elle-même des filons ou des nids dans le quartz et qui enveloppe de l'apatite; enfin il y a encore de la colombite qui s'est habituellement développée par-dessus les cristaux d'émeraude.

Hébrides. — D'après M. Judd (3), les éruptions volcaniques de

(1) *Jahresbericht*, 1870, 1351.
(2) G. Tschermak : *Mineral Mittheil.*, 1873.
(3) *Geol. Mag.*, 1874, 68.

la période tertiaire, dans les îles Hébrides, et notamment à l'île de Mull, auraient commencé par un épanchement de granite et de porphyre feldspathique, suivi, après une longue période de calme, par des éruptions basaltiques. Le granite correspondrait à l'époque éocène, et le basalte à l'époque miocène, tandis que la dernière période d'activité volcanique, caractérisée par la formation des Puys, appartiendrait à l'époque pliocène.

La détermination lithologique du granite tertiaire de Mull a été faite par M. Zirkel. Pour les autres îles du groupe, notamment celles de Rum, de Skye et de Saint-Kilda, M. Judd parle en outre de ce qu'il nomme des laves feldspathiques.

M. Maskelyne (1) admet, comme M. Judd, l'existence, dans les Hébrides, d'un granite tertiaire en massifs ou en filons.

Gneiss.

SAXE. — Le professeur C. F. Naumann (2), dont la mort est pour la science une perte si grande, a laissé un mémoire dans lequel il s'est spécialement occupé du gneiss de la Saxe. Indépendamment du gneiss ancien qui se trouve à la base des terrains stratifiés, Naumann distingue un gneiss nouveau. Ce dernier recouvre le terrain silurien à Mühlbach. Il se montre en contact avec un conglomérat du *Culm*, à Frankenberg, et Naumann observe qu'il a dû être soulevé à l'état solide; car, près du contact, les couches du conglomérat sont, non seulement un peu relevées, mais encore désagrégées et même réduites en poudre ou en une sorte de sable formé par écrasement. D'un autre côté, le gneiss est également brisé près du contact où il a produit une brèche gneissique.

Trappgranulite.

SAXE. — Le nom de *Trappgranulite* a été donné par les géologues saxons à des roches, de couleur vert noirâtre, qui présentent des veines et même des bancs intercalés dans le granulite ou leptynite de la Saxe. On y observe de l'anorthose, de l'orthose, du quartz, du fer oxydulé, des micas, du grenat et aussi une substance verte à laquelle leur couleur doit être attribuée.

M. le professeur Th. Scheerer (3) a fait connaître la composition chimique de plusieurs de ces *Trappgranulites* de la Saxe, d'après des analyses qui ont été faites sous sa direction :

(1) *Geol. Mag.*, 1874, 139.
(2) *Neues Jahrbuch*, 1873; 803.
(3) *Neues Jahrbuch*, 1873; 688.

A de Ringethal, par MM. Drechsel et Reichel.
B de Tanneberg, par M. le D[r] Rube.
C de Nieder-Rossau, par MM. Armin Junge et Ohl.

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^3O^4	CaO	MgO	KO	NaO	Somme.
A	54,06	16,52	10,89(*)	11,35	4,27	0,38	2,85	100,32
B	60,47	14,58	10.67	6,75	3,80	2,29	1,21	99,77
C	68,15	17,00	10,29	1,66	1,33	1,20	0,50	100,13

(*) Avec 1,26 d'oxyde de manganèse.

Ces roches sont beaucoup plus basiques que le leptynite; elles renferment moins d'alcali, tandis qu'elles ont plus de fer, de chaux, et de magnésie. Elles constituent un accident du leptynite auquel elles sont associées dans d'autres régions que la Saxe, particulièrement dans les Vosges (1).

Porphyre quartzifère.

FICHTELGEBIRGE. — M. Gümbel (2) a étudié le porphyre quartzifère paléolithique du Fichtelgebirge. Sa pâte est cristalline, mais, à grains si fins, qu'on n'y distingue pas de lamelles cristallines, même sur les plaques polies les plus minces; toutefois, à la lumière polarisée, elle devient claire dans les parties sombres. Des grains semblables à de la poussière sont disséminés dans cette pâte et leur disposition indique une texture vitreuse; dans d'autres cas, la texture devient fibreuse. On voit d'ailleurs dans la pâte de nombreux cristaux d'orthose ainsi que du quartz hyalin, contenant une quantité étonnante de pores très-fins, et quelquefois des enclaves arrondies qui sont formées par une masse vitreuse obscure. Il y a aussi des aiguilles vertes, fibreuses, dichroïques et inattaquables par l'acide, qui doivent être de l'hornblende. Le docteur Lauth a fait l'analyse de deux variétés de ce porphyre, provenant de Wildenstein; la première A était verdâtre, la deuxième B était brunâtre :

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	MgO	CaO	NaO	KO	PO^5	HO	Somme.
A	71,52	14,48	1,36	0,82	traces	0,29	0,85	9,85	0,02	0,51	99,70
B	78,86	11,12	0,93	0,22	»	0,13	1,22	8,03	traces	0,37	100,88

Ce porphyre quartzifère du Fichtelgebirge a fait éruption au milieu des schistes paléozoïques.

A Treibenreuth, il est accompagné par un *thonstein* compacte, sans feldspath et sans quartz, qui se fendille rapidement, quand il est exposé à l'air. Ce *thonstein* contient environ 55 p. 100 de silice, 35 d'alumine, 5 d'eau et d'alcali, consistant principalement en po-

(1) Delesse, *Ann. des mines*, (4) XIX, 164, Kersantite.
(2) *Die paläolithischen Eruptivgesteine*, 1874, 48.

tasse; il est remarquable par sa grande teneur en alumine, et il se rapproche du schiste argileux auquel il passe d'ailleurs insensiblement. Entre Treibenreuth et Neumühle, le *thonstein* devient amygdaloïde; de plus, on y remarque une sorte de terre verte (*Steinmark*) paraissant avoir rempli des cavités arrondies et semblable à celle qu'on trouve dans la protogine des Alpes.

TŒPLITZ. — Des porphyres quartzifères des environs de Tœplitz ont été examinés par M. A. Bauer (1). Voici, en particulier, les résultats de l'analyse faite par M. H. Wieser d'un échantillon décomposé avec orthose kaolinisé et gros grains de quartz; sa densité est 2,58, et il a été pris au pied du Königshöhe; *a* est la partie attaquable par l'acide chlorhydrique; *b* représente la partie inattaquable :

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	KO	NaO	HO	Somme.
a	0,30	3,00	0,45	»	»	0,58	1,66	3,20	99,34
b	67,81	20,47	0,35	1,46	0,06	»	»	»	

Porphyre granitoïde.

M. Michel Lévy (2) a cherché à classer quelques roches porphyriques analogues aux prophyres granitoïdes de la Loire, décrits par M. Grüner,

Pour lui, les porphyres granitoïdes feldspathiques de Saint-Just sont identiques avec les porphyres feldspathiques de Saint-Amé et de Rochesson (Vosges).

Les porphyres granitoïdes quartzifères d'Urphé ont une grande analogie avec les roches de Vaury, de Saint-Ours et de Chabrépine dans le Plateau central.

LOIRE. — Des porphyres du département de la Loire, décrits par MM. Grüner et Michel Lévy (3), et visités par la *Société Géologique* en 1873, ont été analysés au Bureau d'essai de l'École des mines sous la direction de M. Moissenet :

A Porphyre granitoïde, blanc jaunâtre, nuancé de vert et de rose, presque sans quartz, de Boën.

B Porphyre quartzifère de la Bombarde.

C — granitoïde avec cristaux d'orthose, d'oligoclase et de mica noir, disséminés dans une pâte rougeâtre entièrement cristalline et provenant d'un mélange euritique des mêmes minéraux; de Saint-Just-en-Chevalet.

(1) *Wien. Acad. Ber.* (2 Abth.), LXI, 755. — Voir aussi *Revue de géologie*, X, 70.
(2) *Bull. Soc. géol.* (3), II, 60.
(3) *Description géol. et minér. du département de la Loire*, 374, 408. — *Bull. de la Soc. géol.*, 1874, 60.

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	KO	NaO	Perte au feu.	Somme.
A	68,30	15,60	5,30	2,60	1,60	0,19	1,70	1,40	99,09
B	64,00	18,30	6,00	4,30	3,60	0,30	1,60	1,30	99,90
C	62,30	19,70	4,20	4,50	1,10	3,45	2,57	1,90	99,72

Vicentin. — Dans une étude des roches éruptives du Vicentin, M. A. de Lasaulx (1) décrit le porphyre de Pieve qui forme des filons appartenant à l'époque du Dyas (Permien). Sa pâte, grise ou brun grisâtre, renferme des cristaux blancs ou rougeâtres d'orthose (I). L'anorthose y est très-rare; le quartz, l'hornblende et le mica paraissent y faire complétement défaut. Quant à la composition du porphyre lui-même, elle est donnée par II.

	Densité.	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	Mn^2O^3	CaO	MgO	KO	NaO	CO^2	HO	Somme.
I	»	64,62	18,73	1,43	»	1,54	0,53	9,23	4,33	»	0,36	100,77
II	2,59	61,97	18,56	2,60		2,86	1,08	6,83	3,18	1,36	2,13	99,67

Si l'on retranche du porphyre feldspathique de Pieve l'eau ainsi que les 2,98 p. 100 de carbonate de chaux qu'il contient, on trouve à peu près les rapports d'oxygène qui correspondent à l'orthose.

Porphyre micacé.

Vicentin. — Un porphyre de Fongara, décrit par M. de Lasaulx (2), est formé par une pâte gris violacée, contenant du fedlspath rougeâtre très-décomposé, beaucoup de mica noir et un peu d'hornblende. Il renferme en outre du carbonate de chaux qui s'élève même à la proportion de 6,16 p. 100. Ses cavités ont été remplies par des amandes de calcédoine.

L'examen de la pâte au microscope montre une texture fluide et vitreuse comme celle du rétinite. Bien que le quartz y fasse complétement défaut, de la silice à l'état d'opale peut y être facilement reconnue, soit à l'aide d'une lessive de potasse, soit au moyen du polariscope. Cette pâte présente des veines ou des espèces de vagues rougeâtres, moins réfringentes que le reste et ressemblant à celles qu'on voit dans le trachyte quartzifère du mont Dore. Dans certaines parties, l'opale offre, en petit, une structure analogue à celle de l'agate. Il est donc évident que la roche a été imprégnée d'opale; mais nous sommes porté à croire que c'est au moment même de sa formation, et non par suite d'une substitution postérieure de la silice à la pâte feldspathique, comme l'admet M. de Lasaulx.

Densité.	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	KO	NaO	CO^2	HO	Somme.
2,586	64,78	14,44	5,46	2,35	1,20	4,63	0,83	2,82	3,86	100,37

(1) *Zeitschrift d. deutschen geologischen Gesellschaft*, XXV, 1873, 320.
(2) *Zeitschrift d. deutschen geologischen Gesellschaft*, XXV, 1872, 329.

Le porphyre micacé de Fongara contient beaucoup d'eau dont la présence s'explique très-simplement et par l'abondance même de l'opale; d'un autre côté, le grand excès de la potasse sur la soude montre bien qu'il appartient aux roches à base d'orthose.

Eurite.

LA GOUTELLE. — Une roche encaissée dans le gneiss de La Goutelle, près de Pontaumur, avait été considérée par Lecoq comme une hémithrène parce qu'elle contient du carbonate de chaux et de l'hornblende; mais un essai qui en a été fait par M. de Lasaulx (1) montre que c'est une eurite, ainsi que Fournet l'avait d'ailleurs indiqué :

Densité.	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	NaO	KO	CO^2	HO	Somme.
2,582	70,95	19,35		3,89	0,92	3,23	0,79	0,99	100,12

Cette eurite présente une pâte cornée, vert jaunâtre, dans laquelle on distingue du quartz gris, ayant la forme dihexaèdre, du feldspath orthose et même de l'anorthose, ainsi que des lamelles d'hornblende avec un peu de mica. Réduite en poudre et traitée par une dissolution de potasse bouillante, l'eurite de la Goutelle a éprouvé une perte de 3,82 p. 100.

Tuf de porphyre.

TYROL. — Les géologues italiens ont désigné, sous le nom de *Pietra verde*, différents tufs de porphyres qui s'observent dans le sud des Alpes. D'après M. C. Doelter (2), la *Pietra verde* du Tyrol méridional présente une couleur vert clair, une structure compacte, sans cristaux visibles et une cassure conchoïde. Sous le microscope, on y distingue un minéral vert, non déterminable, des fragments de sanidine, plus rarement de l'anorthose et une pâte qui ne polarise pas la lumière. L'analyse d'un échantillon, provenant du mont Frisalet, a été faite par M. P. Schridde :

SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	HO	CO^2	Somme.
68,95	10,44	1,30	1,82	5,07	1,47	3,96	2.14	0,60	3,74	99,49

La grande teneur en silice de la *Pietra verde* et sa proportion de potasse, qui est notablement supérieure à celle de la soude, montrent bien que cette roche provient d'un tuf de porphyre et non d'un mélaphyre. Il est vrai qu'il n'y a pas de porphyre dans cette région, mais M. Doelter a constaté que la *Pietra verde* est antérieure au mélaphyre.

(1) *Neues Jahrb.*, 1874, 238.
(2) *Neues Jahrb.*, 1873, 573.

Roches plutoniques anorthosées.

Porphyrite.

Quenast. — Du quartz carié, blanchâtre, ressemblant à de la prehnite, a été observé par M. de Koninck (1), dans une poche du porphyre de Quenast qui, comme l'on sait, est souvent pénétré par de l'épidote et contient même quelquefois de l'axinite.

Vicentin — La porphyrite de Guizze di Schio a été examinée et analysée par M. de Lasaulx (2). Sous le microscope, on y reconnaît une pâte feldspathique avec beaucoup d'anorthose (oligoclase), de l'hornblende, une espèce de chlorite ainsi que de l'orthose.

Densité.	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	KO	NaO	CO^2	HO	Somme.
2,670	60,86	14,62	7,91	3,18	1,96	3,26	3,92	2,11	2,95	100,77 (*)

(*) Traces de Mn et Li.

Lorsqu'on retranche l'eau et les carbonates, on trouve que la teneur en silice s'élève à 64 p. 100 ; mais il n'y a pas de quartz.

Cette porphyrite a fait éruption à l'époque du Jura blanc inférieur (oxfordien).

Palæophyre.

Le nom de *Palæophyre* a été proposé par M. Gümbel (3) pour une variété de porphyrite du Fichtelgebirge qui forme de petits filons dans le terrain silurien. Sa masse est cristalline et grenue, parsemée de quartz et d'oligoclase rouge (I). Il y a aussi de l'hornblende, verdâtre, légèrement altérée ainsi que du mica brun rougeâtre, du fer oxydulé et un peu d'apatite. L'analyse de cette porphyrite silurienne (II) a été faite par le docteur Loretz, de même que celle de son feldspath, et elle a donné les résultats suivants :

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	MnO	MgO	CaO	NaO	KO	CO^2	PO^5	HO	Perte au feu.	Somme.
I	61,50	21,30	1,75	»	» (2)	0,76	1,25	8,63	2,55	»	»	»	1,75	99,49
II	56,97	15,27	2,69	3,16	0,03	3,67	5,49	4,13	2,87	4,05	0,43	1,37	»	100,13

Kersantite.

Bromont. — Aux environs de Pontgibaud (4), à Bromont, il existe une roche ayant une couleur foncée et une texture grenue,

(1) *Société géolog. de Belgique*, 1874.

(2) *Zeitschrift d. deutschen geologischen Gesellschaft*, XXV, 1873, 324.

(3) *Die palæolithischen Eruptivgesteine*, 1874, 42, 43.

(4) Pour le manganèse, on a admis 0,03 au lieu de 3,03 que porte le texte, pensant qu'il y avait une faute d'impression.

dont l'analyse microscopique et chimique a été faite par M. de Lasaulx (1). Sous le microscope, on y distingue une pâte qui devient presque entièrement sombre lorsque le Nicol est croisé et à l'extinction. Le quartz est en grains isolés, présentant quelquefois une section hexagonale, et renfermant un grand nombre de pores avec liquide. Le feldspath offre habituellement les stries caractéristiques de l'anorthose et doit être de l'oligoclase; s'il y a de l'orthose, c'est seulement en très-petite quantité. Le mica est abondant et se montre en lamelles noirâtres. L'hornblende, qui est très-rare, paraît avoir été changée pour la plus grande partie en un hydrosilicate magnésien de couleur vert clair; pareille altération s'observe quelquefois dans la Kersantite et surtout dans la Minette. Enfin il y a encore de la chaux carbonatée, qui tantôt est disséminée dans la roche dont elle remplit les pores et tantôt y forme des veines.

Densité.	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	KO	NaO	CO^2	HO	Somme.
2,731	58,93	20,35		6,38	1,16	4,32	4,51	3,21	1,01	99,87

Cette roche de Bromont, à laquelle quelques personnes avaient donné le nom d'hémithrène, se compose essentiellement d'oligoclase et de mica avec un peu de quartz; par conséquent c'est une Kersantite (2).

Lamprophyre.

M. Gümbel (3) a désigné sous le nom de *Lamprophyre* une roche qui s'observe dans le Fichtelgebirge, le Thuringer Wald, le Voigtland et aussi près de Lixfeld (Nassau). Elle est essentiellement composée d'anorthose et de mica ferro-magnésien, ayant une couleur brune. L'hornblende, verte et décomposée, y forme des aiguilles et accidentellement il y a de l'augite. Le fer oxydulé et la pyrite de fer y sont abondants. L'acide chlorhydrique décolore complétement le *Lamprophyre* et voici sa composition, d'après le docteur Loretz :

SiO^3	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	MnO	MgO	CaO	KO	NaO	CO^2	PO^5	S	HO	Somme.
49,50	13,09	2,63	6,20	0,19	8,97	7,94	4,52	2,60	1,20	1,29	0,22	0 55	98,90 (*)

(*) Traces de cuivre.

Les caractères minéralogiques de cette roche montrent qu'elle se rapproche beaucoup de la kersantite et du kersanton.

---

(1) *Neues Jahrbuch*, 1874, 239.
(2) *Annales des mines*, [4] XIX, 164.
(3) *Die paläolithischen Eruptivgesteine* 1874, 37.

Comme ce dernier, elle s'emploie avec avantage dans les constructions et se laisse sculpter facilement. M. Gümbel pense qu'il est bon de lui donner un nom spécial, parce qu'elle appartient à un horizon géologique bien déterminé ; dans le Fichtelgebirge, en particulier, elle présente des filons d'une grande étendue, dirigés N.-S., qui sont contemporains du calcaire carbonifère et des schistes ardoisiers de Lehsten ; encaissés dans le *Culm* inférieur ou dans des formations plus anciennes, ils ne dépassent jamais la base du *Culm* supérieur.

Diorite.

Morbihan.—De la prehnite a été observée par M. de Limur (1) dans la diorite de la côte de Billiers (Morbihan). Elle est verdâtre, fibreuse et accompagnée d'orthose ainsi que d'épidote et de grenat qui lui servent ordinairement de gangue.

La Poudrière. — Sur le bord sud du lac d'Aydat, auprès du village La Poudrière, un filon puissant de diorite est encaissé dans un granite dont il empâte des fragments. M. A. de Lasaulx (2) a étudié cette diorite qui est remarquable par la grande dimension de ses cristaux noirâtres d'hornblende (I). L'anorthose (II) remplit les interstices de l'hornblende ; il est en grains ayant l'éclat gras et une couleur blanc verdâtre. Indépendamment de ces deux minéraux constituants, la masse de la roche (III), a encore été analysée par M. de Lasaulx. La diorite de La Poudrière contient du reste des lamelles de mica brun rouge, qui sont à la limite de l'hornblende et dans ses clivages. Le microscope permet en outre d'y voir de la pyrite de fer et des cubes de fer oxydulé magnétique qui sont entourés de limonite.

	Densité.	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	NaO KO	HO	Somme
I	2,743	44,26	34,51	2,31	15,82	1,22	1,52	0,98	100,62
II	3,002	44,50	10,36	11,28	13,44	17,31	2,45	0,36	99,70
III	2,896	44,72	21,20	7,32	13,62	9,98	2,21	0,76	99,81

Les rapports d'oxygène dans le feldspath sont ÷ 1 : 3 : 4,3 ; ils se rapprochent de ceux obtenus par M. Delesse pour la diorite de Corse et par M. Streng pour celle de Kiffhaüser.

M. de Lasaulx considère cette diorite de La Poudrière comme formée de 60 p. 100 d'hornblende et de 40 p. 100 d'anorthite. Sa composition minéralogique et chimique, aussi bien que le groupe-

(1) Geoffroy d'Ault-Dumesnil : *Histoire naturelle du Morbihan*, 1866, 24.
(2) *Neues Jahrbuch*, 1874, 242, 246.

ment rayonné que l'hornblende y présente quelquefois, doivent d'ailleurs la faire classer à côté de la diorite orbiculaire de Corse.

LOIRE. — Des échantillons de dioritine et de wacke, provenant du département de la Loire, ont été analysés au laboratoire de l'École des mines, sous la direction de M. Moissenet; ces analyses ont donné les résultats suivants :

A Dioritine de la Bombarde.
B Wacke amygdaloïde de la Tessone.

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3 (1)	CaO	MgO	KO	NaO	CO^2	HO	Perte au feu.	Somme.
A	53,00	13,00	10,00	5,60	7,20	2,70	1,30	»	»	7,00	99,80
B	43,00	19,15	9,50	7,50	0,70	0,65	2,30	5,20	11,80	»	99,80

Épidiorite.

FICHTELGEBIRGE. — Le nom d'*Épidiorite* est donné par M. Gümbel (2) à une sorte de *grünstein* qui, dans le Fichtelgebirge, forme des filons entre le cambrien supérieur et le silurien inférieur. Au microscope on y distingue de l'hornblende, de l'anorthose, une sorte de terre verte que M. Gümbel appelle *chloropite*, du fer titané et du fer oxydulé magnétique. Le plus souvent il y a aussi de la pyrite de fer, de l'apatite et accidentellement de l'augite. En outre elle est traversée par des veines contenant du quartz, de l'asbeste, de l'épidote et de l'albite.

Voici d'ailleurs, d'après des analyses du docteur Loretz, la composition chimique de l'*Épidiorite* (I), ainsi que de l'albite (II) qui s'y montre en veines :

	SiO^2	TiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	MnO	CaO	MgO	KO	NaO	PO^5	HO	Somme.
I	47,38	3,07	16,67	4,64	6,47	0,26	10,81	4,11	0,93	3,02	0,42	1,25	99,03
II	67,52	»	19,28	»	»	»	0,31	»	6,10	7,49	»	»	100,70

L'*Épidiorite* est remarquable par sa richesse en oxyde de titane, qui s'explique elle-même par la présence du fer titané.

Banatite.

M. Bernard de Cotta (3) a donné le nom de *Banatite* à des roches éruptives qui sont bien connues dans les mines du Banat. Un échantillon à grain moyen, provenant de Dognacska, et contenant

(1) Le fer a été dosé à l'état de peroxyde; mais si on le supposait complétement à l'état de protoxyde dans la Wacke, on aurait FeO=8,55.
(2) *Die paläolithischen Eruptivgesteine*; 1874, 12.
(3) G. Tschermak. *Mineral Mittheil*; 1873. et *Revue de géologie*, IV, 75.

du feldspath anorthose, strié, ayant l'éclat vitreux, ainsi que du mica biotite, de l'hornblende et du quartz, vient d'être examiné par M. J. Niedzwiedzki (1) qui a donné la composition de son feldspath (I) et celle de la *banatite* elle-même (II).

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	CaO	MgO	NaO	KO	Somme.
I	58,82	27,70	»	»	7,49	»	6,24	0,74	100,99
II	65,71	17,08	2,84	1,79	5,24	2,57	3,87	1,02	100,12

Par ses caractères minéralogiques, cette *Banatite* de Dognacska se rapporte à la Kersantite ou à la Diorite micacée.

Euphotide.

SAXE. — M. le professeur Th. Scheerer (2) a donné la composition de deux euphotides, l'une compacte provenant de Böhringen (A) et l'autre de Mahlitzsch (B).

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^3O^4	CaO	MgO	KO	NaO	HO	Somme.
A	50,54	12,90	16,73 (*)	10.95	6,85	0,82	2,03	»	100,82
B	49,45	19,28	13,26	9,81	4,18	»	2,59	1,02	99,59

(*) Avec 2,28 d'oxyde de manganèse.

VICENTIN. — Une euphotide de la vallée de Signori a été étudiée par M. de Lasaulx (3).

Densité.	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	CO^2	HO	Somme.
2,851	50,32	16,22	4,74	5,60	10,72	8,21	1,07		0,91	1,88	99,67

Son analyse montre qu'elle contient environ trois parties de diallage pour deux de labrador. En examinant ce labrador sous le microscope, M. de Lasaulx a constaté qu'il empâte de petites aiguilles noires, ayant des directions parallèles. Le diallage contient aussi des cristaux microscopiques, qui ont une couleur un peu plus verdâtre; en outre, il est traversé par des stries brunes qui n'agissent pas sur la lumière polarisée et qui sont un produit de décomposition. Enfin M. de Lasaulx y signale des parties vertes qui n'agissent pas non plus sur la lumière polarisée et qui, d'après G. Rose, doivent être considérées comme des grains de serpentine résultant d'un pseudomorphisme de péridot. On sait d'ailleurs que la serpentine est fréquente dans l'euphotide, particulièrement dans les Alpes et dans les Vosges (4).

(1) *Neues Jahrbuch*, 1874; 318.
(2) *Neues Jahrbuch*, 1873, 687.
(3) *Zeitschrift d. deutschen geologischen Gesellschaft*, XXV, 1873, 335.
(4) *Annales des mines*, 4e série, XVI, 238 et 323. — *Bull. de la Soc. Géol.*, 2e série, VI, 547.

Diallagite.

M. A. Des Cloizeaux a proposé d'attribuer le nom de *diallagite* aux roches dans lesquelles le diallage devient le minéral dominant. D'après cela, il convient de l'appliquer aux euphotides qui sont très-riches en diallage, de même qu'on désigne habituellement sous le nom d'amphibolites les diorites dans lesquelles la proportion de l'amphibole l'emporte sur celle du feldspath.

La plupart des roches désignées autrefois sous le nom d'hypérites, et provenant de Volpersdorf en Silésie, du Tyrol, de la Valteline, etc., contiennent beaucoup de diallage, sans trace d'hypersthène, et par conséquent il convient de leur donner le nom de *diallagite*.

Hypérite.

Suivant M. B. Kosmann (1), l'hypersthène doit son éclat métallique à des cristaux microscopiques et lamelleux d'oxyde de titane qui, examinés au microscope, sous un fort grossissement, paraissent se rapporter à la brookite.

— MM. Ulrich et G. vom Rath (2) ont constaté l'existence de la gadolinite dans l'hypérite du Radauthal au Hartz. Ce minéral se trouve dans des filons de granite dans lesquels il est accompagné par de l'orthite, de l'orthose, de l'oligoclase, du quartz ainsi que de la chaux carbonatée.

Saxe. — M. Th. Scheerer (3) a fait connaître la composition chimique d'une hypérite, à gros cristaux, de Höllmühle, près Penig.

SiO^2	Al^2O^3	FeO	CaO	MgO	NaO	Somme.
48,85	19,45	9,06	17,51	3,85	1,28 (*)	100,00

(*) Calculée par différence.

Mélaphyre.

Une soixantaine de mélaphyres choisis par M. Zirkel ont été réduits en plaques très-minces et examinés par M. G. A. Haarmann (4) qui a fait une étude microscopique de la texture ainsi que de la composition minéralogique de cette roche.

En ce qui concerne sa texture, le mélaphyre présente une pâte

(1) *Jahresbericht der Chemie*, 1871, 1145.
(2) *Jahresbericht der Chemie*, 1871, 1146.
(3) *Neues Jahrbuch*, 1873; 687.
(4) *Inaug. Diss.* Leipzig, 1872, et *Neues Jahrbuch*.

qui est formée soit par un verre pouvant être rempli de microlithes, soit par une substance verte impure. Très-souvent la pâte est dévitrifiée et grenue. Selon M. Haarmann, la substance verte ne serait qu'un produit d'altération.

Les microlithes accusent une texture de fluctuation, et, leur disposition parallèle, fait bien voir que la pâte de la roche a été fluide.

Comme l'a depuis longtemps montré l'analyse chimique, l'anorthose constitue essentiellement le mélaphyre (1); mais le microscope y révèle aussi de l'orthose. Ces feldspaths enveloppent fréquemment de la pâte ou bien des parties vitreuses. Le fer oxydulé magnétique est très-répandu et en grains nombreux. Le microscope révèle encore l'existence du péridot, qui, le plus ordinairement, se trouve à différents états d'altération. Les cristaux les plus petits sont presque entièrement métamorphosés. Comme l'avait appris l'attaque par l'acide chlorhydrique, l'augite est peu abondant et souvent même très-rare. Le microscope permet en outre de reconnaître facilement de l'apatite, qui est en aiguilles incolores. Suivant M. Haarmann, les principaux minéraux du mélaphyre sont l'anorthose, le fer oxydulé, le péridot, l'augite et l'apatite.

Tuf de mélaphyre.

TYROL. — Les mélaphyres sont souvent accompagnés par des tufs et par des brèches à ciment feldspathique. Ces tufs, considérés comme éruptifs, sont différents des tufs de sédiment qui résultent des produits de la destruction du mélaphyre remaniés ensuite par les eaux. Les deux espèces de tufs s'observent dans les Vosges et ont aussi été distinguées dans le sud du Tyrol par MM. de Richthofen et Tschermak.

Récemment M. C. Doelter (2) a examiné un tuf éruptif provenant du col de Fedaja. Sous le microscope, on y distinguait surtout de l'anorthose et plus rarement un peu d'orthose; on y voyait en outre de l'augite, du fer oxydulé et du péridot qui étaient disséminés dans une pâte. Son analyse a été faite par M. Epp.

SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	HO	PO^5	Somme.
53,17	15,57	8,12	2,42	4,88	4,18	3,58	3,22	3,31	1,21	99,66

Il est à remarquer que le mélaphyre et le porphyre augitique présentent souvent des passages insensibles à ces tufs qui ont été conglomérés par un ciment feldspathique.

(1) Delesse : *Annales des mines*. 4e S., XII, 195.
(2) *Neues Jahrbuch*, 1873; 571.

Roches volcaniques.

Trachyte.

M. vom Rath (1) a observé de la néphéline, ainsi que de la tridymite, dans les fissures et les druses du trachyte bien caractérisé de Lohrberg.

TÜFFER. — M. R. von Drasche (2) a fait l'analyse de deux trachytes cornés, provenant de Tüffer, en Styrie.

A Rouge foncé, avec taches verdâtres et quelques cristaux d'orthose décomposé. Sa pâte est dure, à cassure esquilleuse.

B Vert sombre, devenant transparent en esquilles minces. Au microscope, on y distingue de l'hornblende et des parties chloritiques.

	Densité.	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	KO	NaO	Perte au feu.	Somme.
A	»	81,67	9,15	1,72	0.78	»	4,83	2,38	0,31	100,84
B	2,75	77,74	9,45	2,23	1,94	0,68	4,08	3,66	1,19	100,95

ANDES. — Quelques trachytes des Andes, qui avaient été rapportés par A. de Humboldt, ont été soumis par M. Artopé (3) à un examen minéralogique et chimique.

I Roche noire de Tunguragua. Dans la pâte, qui est d'un gris foncé, on distingue sous le microscope des cristaux très-fins d'anorthose, de l'augite vert noirâtre, ainsi que du fer oxydulé.

II Roche de Cachofruto, près Marmato; elle est grise, très-dure, et, sous le microscope, elle montre la même composition que le trachyte précédent.

III Roche du Pichincha, provenant d'une hauteur de 4.860 mètres au-dessus du niveau de la mer. Dans la pâte, qui est d'un vert foncé, on distingue, sous le microscope, une quantité innombrable de cristaux d'anorthose blancs, remplis de cavités, avec un peu d'augite et des grains très-rares de fer oxydulé.

	Densité.	SiO^2	Al^2O^3	FeO	MnO	CaO	MgO	KO	NaO	HO	Somme.
I	2,548	66,06	15,64	3,90	0,71	4,55	2,57	2,86	4,00	0,30	100,09
II	2,706	63,00	18,39	3,96	0,10	5,36	3,71	2,36	4,22	0,36	»
III	2,824	62,35	17,32	4,51	0,04	5,43	3,00	3,13	4,29	0,13	100,00

Trachyte augité.

SANTA CROCE. — Le trachyte du mont Santa Croce, qui surgit au centre du cratère de Rocca Monfina, a été étudié par M. vom Rath (4). Sa couleur brun rougeâtre le distingue déjà de tous les

(1) *Neues Jahrbuch*, 1873; 417.
(2) Tschermak. *Mineral. Mittheil.*, 1873; 1.
(3) *Inaug. Dissert.* Berlin, 1872, 29.
(4) *Zeitschr. d. deutsch. geolog. Gesellsch.*, 1873, 245.

trachytes connus. Dans sa pâte, qui est grenue, on distingue des grains blancs de sanidine, dépassant rarement 1 millimètre, de l'augite vert en prismes atteignant 3 millimètres et du mica rougeâtre. Sous le microscope polarisant, on reconnaît de l'anorthose ainsi que des mâcles dans le sanidine et dans l'augite.

Densité.	SiO^2	Al^2O^3	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	Perte au feu.	Somme.	Rapport de l'oxygène.
2,713	55,08	17,25	9,33	7,34	2,77	5,32	1,86	0,17	99,12	1,535

Ce trachyte de Santa Croce est remarquable, car il présente une association de sanidine avec de l'augite qui forme l'un de ses minéraux constituants. De plus, sa richesse en potasse est très-grande, si l'on a égard à sa faible teneur en silice ; cette particularité de sa composition chimique permet même d'expliquer la concomitance du sanidine et de l'augite. Comme il diffère beaucoup du trachyte ordinaire, on pourrait le désigner sous le nom de *trachyte augité*.

L'association de l'orthose et de l'augite s'observe d'ailleurs aussi bien dans les roches plutoniques que dans les roches volcaniques; en particulier il est facile de la constater dans les veines feldspathiques qui sont intercalées dans le calcaire cristallin du Saint-Philippe (1).

Conglomérat trachytique.

Sept-Montagnes. — Dans le conglomérat trachytique d'Heisterbach, dans les Sept-Montagnes, M. G. vom Rath (2) a observé des cristaux blancs tapissant des druses. Leur analyse lui a donné le résultat suivant :

SiO^2	Al^2O^3	CaO	NaO et perte.	Somme.
66,65	20,15	0,74	12,46	100,00

Leur forme, aussi bien que leur composition, montrent qu'ils appartiennent à l'albite. Il est remarquable que cet albite soit accompagné par de l'orthite, qui se retrouve aussi au lac de Laach et au Vésuve ; comme le remarque M. vom Rath, trois gisements de ce minéral à base de cérium sont connus maintenant dans les roches volcaniques.

Tuf trachytique.

Santorin. — La terre de Santorin, qui est si estimée pour la

(1) *Annales des Mines*, t. XX, p. 141.
(2) *Neues Jahrbuch für Mineral. Geol.*, etc. 1874, 422.

fabrication des mortiers hydrauliques, a été analysée par M. G. Feichtinger (1). Elle contient 4,06 p. 100 d'eau et 0,05 de sulfate de chaux avec des traces de chlorure de sodium. Par la lévigation, on en sépare 1/5 de ponce et environ 1/5 d'obsidienne: le reste, représentant plus de 3/5, laisse dissoudre 28 p. 100 de son poids dans une lessive de potasse; il se compose d'une partie *a* soluble dans l'acide chlorhydrique et d'une partie *b* insoluble:

	SiO^2	Al^2O	Fe^2O^3	CaO	MgO	KO	NaO	Somme partielle.	HO	Somme totale.
a	traces	1,31	0,54	0,84	0,48	»	»	3,17	»	99,84
b	71,44	8,56	3,30	1,80	1,36	1,86	3,74	92,06	4,61	

Cette terre de Santorin, qui contient des débris de ponce et d'obsidienne, qui résiste à l'acide chlorhydrique, tandis qu'elle s'attaque par une lessive de potasse, offre bien tous les caractères d'un tuf trachytique.

Rétinite.

VICENTIN. — Quelques rétinites du Vicentin, qui ont été examinés par M. de Lasaulx (2), présentent une composition assez exceptionnelle.

A Rétinite à structure de péperino. Au microscope, on y distingue une pâte monoréfringente, veinée, avec des pores montrant bien qu'elle a été à l'état fluide. Il renferme de l'hornblende qui perd son dichroïsme sur les bords et paraît changée en une espèce de chlorite; il renferme aussi du feldspath anorthose, ainsi que de l'orthose, du mica brun et un peu de quartz.

B Rétinite porphyrique de Rasta. Sa pâte vitreuse noire contient des cristaux de feldspath qui appartiennent surtout à l'anorthose, du mica noir brillant qui est très-abondant, du quartz gris et de plus de la chaux carbonatée. Au microscope, on voit des pores qui ont été produits par la vapeur et en outre un minéral paraissant se rapporter au diallage.

	Densité.	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	KO	NaO	CO^2	HO	Somme.
A	2,49	61,31	15.81	2,25	2,32	1,13	3,53	5,32	»	4,81	99,48
B	2,466	62,02	16,16	5,25	5,39	0,94	1,18	2,92	1,08	4,91	99,85

Constatons que ces rétinites du Vicentin ont une densité relativement élevée, qu'ils sont assez pauvres en silice et qu'ils contiennent plus de soude que de potasse: de plus l'anorthose est leur feldspath dominant, tandis que dans le rétinite proprement dit, c'est le sanidine. On peut les considérer comme des porphyrites hydratées et à l'état vitreux qui sont intermédiaires entre le rétinite et la tachylite ou gallinace (3).

(1) *Jahresbericht der Chemie*. A. Naumann, 1870, 1369.
(2) *Zeitschrift d. deutschen geologischen Gesellschaft*, XXV, 1873, 325 et 333.
(3) Delesse. *Annales des mines* [4], XVI, 233 et *Bull. Soc. géol.* [2], VI. 629.

Obsidienne.

Des recherches sur la cause qui détermine la tuméfaction de l'obsidienne ont été faites par MM. Boussingault et Damour (1). Déjà Spallanzani et M. Ch. Sainte-Claire-Deville s'étaient occupés de ce sujet. D'après MM. Boussingault et Damour, c'est seulement entre le rouge orange et le rouge blanc que cette tuméfaction se produit ; elle doit surtout être attribuée à la volatilisation de l'eau. Si l'obsidienne a été préalablement réduite en poudre, elle perd son eau beaucoup plus facilement et même au-dessous du rouge ; elle fournit alors un verre anhydre, transparent, non boursouflé. Au contraire, quand l'obsidienne est jetée dans un creuset chauffé à la température de la fusion du fer, elle subit une tuméfaction considérable et son volume peut même devenir vingt fois plus grand. L'obsidienne éprouve, par la chaleur, une perte qui varie de 1 à 8 millièmes ; elle dégage seulement $0^{cc},1$ de gaz pour 1 gramme, et MM. Boussingault et Damour ont constaté que ce gaz consiste principalement en un mélange d'azote et d'acide carbonique. D'un autre côté, pendant la tuméfaction, il se dégage de l'eau et de l'acide chlorhydrique ; ce dernier provient de l'action que la silice exerce sur les chlorures à une température élevée et en présence de la vapeur d'eau. Toutefois le chlorure de l'obsidienne ne se dégage pas complétement par la tuméfaction, car des dosages comparatifs faits par MM. Boussingault et Damour ont montré qu'il peut en rester un tiers et quelquefois les sept dixièmes.

Maintenant l'obsidienne contient aussi des matières organiques et même de l'azote qu'on peut doser aisément par la chaux sodée. Comme nous l'avons fait remarquer précédemment, « ces matières organiques se reconnaissent aisément quant on chauffe la roche dans le tube ; toutefois sa distillation est très-peu alcaline et ne colore que bien légèrement en bleu le papier rouge de tournesol ».

« L'azote, exprimé en millièmes, est de 0,04 dans l'obsidienne noire avec globules gris de l'Oyamel ; de 0,11 dans l'obsidienne noire et légèrement bulleuse de Vulcano ; de 0,15 dans l'obsidienne d'un beau noir de l'Islande. »

« L'état vitreux de l'obsidienne et du rétinite ne permet pas de supposer que les matières organiques, qui sont répandues intimement dans ces roches et qui leur donnent en partie leur couleur, aient été introduites postérieurement par absorption ou par infil-

(1) *Comptes rendus*, LXXVI, 1158.

tration. Par conséquent, bien que ces roches soient regardées comme des verres volcaniques, elles se sont formées, non-seulement en présence de l'eau, mais même des matières organiques » (1).

Phonolithe.

M. H. Möhl (2) s'est livré à l'examen microscopique de plus de 600 plaques polies de phonolithe, ce qui lui a permis de préciser la nature intime de cette roche. On sait que par sa densité, par sa composition chimique et par ses autres propriétés, le phonolithe est intermédiaire entre le basalte et le trachyte. M. Möhl observe que sa densité varie de 2,6 à 2,47, et que sa proportion soluble dans l'acide peut s'élever à 60 p. 100.

Les éléments microscopiques qu'il a reconnus dans la pâte sont :

1° Une substance complétement homogène qui ne s'est pas séparée en cristaux, mais polarise cependant la lumière en bleu et se comporte comme de la néphéline ; faute d'une meilleure expression, il la désigne sous le nom de *verre de néphéline* ; 2° l'augite ; 3° le fer oxydulé ; 4° l'orthose sanidine ; 5° la néphéline en cristaux ; 6° la tridymite ; 7° la haüyne ; 8° le mica dont la couleur varie du jaune de miel au noir ; 9° l'apatite.

M. Möhl mentionne d'ailleurs parmi les principaux minéraux qui donnent au phonolithe la structure porphyrique : le sanidine, le nosean, l'haüyne, la néphéline, le sphène, le fer titané, l'augite et plus rarement l'hornblende : ces deux derniers minéraux sont souvent l'un à côté de l'aûtre, ou bien encore ils s'enveloppent. L'hornblende est ordinairement brune, plus rarement verte, et fréquemment elle est entourée par du fer oxydulé.

On trouve aussi dans le phonolithe du grenat, du zircon, du péridot, du fer oligiste, mais ces minéraux y sont seulement accidentels.

La structure tigrée que présentent quelques phonolithes paraît devoir être attribuée à l'accumulation de lamelles très-minces d'augite, à du fer oxydulé ainsi qu'à des pores produits par la vapeur.

Andésite.

WÖLLAN. — L'andésite, qui forme un piton surgissant au milieu des tufs de Wöllan en Styrie, a été étudiée par M. R. von Drasche (3). Sa densité est 2,57. Sa pâte, gris verdâtre, contient beau-

(1) Delesse : *De l'azote et des matières organiques dans l'écorce terrestre*, 1861, 107. (*Annales des mines*, 1860.)
(2) *Neues Jahrbuch*, 1874, 38.
(3) *Neues Jahrbuch*, 1873, 770.

coup d'anorthose et peu d'orthose. Le quartz y est en cristaux qui atteignent 7 millimètres et sont traversés par une multitude de fissures dans lesquelles la pâte s'est infiltrée, ce qui ferait croire qu'elles sont dues à l'action de la chaleur et que le quartz était déjà solide et cristallisé au moment de l'éruption. Il y a aussi de l'hornblende noire, du mica tombac et quelquefois des veines de quartz laiteux. L'analyse de cette andésite a été faite par M. von Drasche dans le laboratoire de M. E. Ludwig :

Densité.	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	CaO	MgO	NaO	KO	Perte au feu.	Somme.
2,57	64,09	10,82	3,24	3,50	6,65	2,52	2,93	1,01	6,07	100,83

Andésite quartzifère.

Quito. — M. Théodore Wolf (1) a signalé le rôle important de l'andésite quartzifère sur le plateau de Quito. Cette roche présente une structure porphyrique, mais peut aussi devenir poreuse et scoriacée. Sa couleur est grise ou brun rougeâtre. L'orthose paraît y manquer, tandis que l'anorthose (andésine) est en cristaux pouvant atteindre 1 centimètre. Le quartz, régulièrement disséminé dans la roche, se montre en grains qui vont jusqu'à 5 millimètres; il est fendillé et à éclat gras; sa couleur varie du blanc au jaune, au rose, au brun. Il y a aussi de l'hornblende et du fer oxydulé. Dans certains cas, notamment à l'Antisana, la roche contient du péridot. Quelquefois encore les druses ont été remplies par de la tridymite.

L'andésite quartzifère s'observe très-bien, suivant MM. Egas, Stübel, et Reiss, au volcan Mojanda ainsi qu'à l'Antisana et au sud de Riobamba.

Comme le remarque M. Wolf, l'andésite quartzifère forme tantôt des laves anciennes, tantôt des laves actuelles. L'Antisana offre même cette particularité remarquable d'un volcan dans lequel l'andésite quartzifère se trouve associé au perlite, à l'obsidienne, à la ponce, et où l'on peut observer des passages entre toutes ces roches. Bien que ce ne soit pas le cas le plus habituel, le quartz peut donc cristalliser dans les roches éruptives qui sont riches en silice, même lorsqu'elles sont tout à fait modernes, et c'est précisément ce qui a eu lieu pour certaines andésites quartzifères.

Feldspath andésine dans les roches basaltiques.

M. Théodore Petersen (2) a fait l'analyse de deux anor-

(1) *Neues Jahrbuch*, 1874, 377.
(2) *Neues Jahrbuch*, 1874, 270.

thoses extraits, l'un A de la dolérite de Frauenberg (Rhön), l'autre B du basalte du Steinbühl, près de Weilburg :

	Densité.	SiO^2	Al^2O^3	MgO	CaO	NaO	KO	Somme.
A.	2,696	59,79	25,91	»	6,86	6,83	0,61	100,00
Rapports de l'oxygène.	»	31,88	12,07	»	1,96	1,76	0,11	»
B.	2,694	58,88	26,94	traces	7,96	6,01	0,68	100,47
Rapports de l'oxygène.	»	31,41	12,50	»	2,27	1,55	0,12	»

D'après leur composition et leurs rapports d'oxygène, ces feldspaths doivent être rapportés à l'andésine. Du reste, précédemment, on à déjà constaté, dans différentes roches, l'existence de feldspaths ayant une teneur en silice supérieure à celle qui représente la teneur moyenne de ces mêmes roches.

Basalte.

Un mesole se trouvant dans une amygdaloïde basaltique de Gignat, près Saint-Germain-Lembron (Auvergne), a été analysé par M. Pisani (1) qui lui a trouvé la composition suivante :

SiO^2	Al^2O^3	CaO	NaO	KO	HO	Somme.
42,3	28,1	10,0	6,7	traces	14,1	101,2

SCHEIDSBERG. — Le basalte du Scheidsberg, près Remagen, sur le Rhin, a été étudié par M. H. Möhl (2).

Densité.	SiO^2	TiO^3	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	MnO	CaO	MgO	KO	NaO	Perte au feu.	Somme.
2,342	43,60	0,82	11,76	7,84	15,38	0,23	10,32	3,33	1,36	3,42	1,00	99,06

Depuis longtemps ce basalte a appelé l'attention, à cause de sa belle structure prismatique. On y distingue de l'anorthose et un peu de sanidine, de l'augite, du fer oxydulé, du péridot, de l'hornblende, qui sont disséminés dans un verre amorphe avec de la néphéline et aussi avec des débris de tachylite. C'est une sorte d'anamésite. M. Möhl observe que cette roche empâte quelquefois des fragments de gneiss et de schiste.

ASPENKIPPEL. — Un volcan basaltique a été observé par MM. Streng et Zöppritz (3) à Aspenkippel, aux environs de Giessen. Le basalte est tantôt noir bleuâtre et compacte, tantôt scoriacé, brun ou gris clair, comme dans la partie sud du cratère. Il devient aussi bréchiforme. Entre ses fragments se trouve un

(1) *Comptes rendus*, LXXIII, 1443.
(2) *Neues Jahrbuch*, 1874, 203.
(3) *Neues Jahrbuch*, 1873, 427.

minéral brun, ayant l'éclat résineux et une densité de 1,777 dont voici la composition d'après M. Streng :

SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	KO	NaO	HO	Somme.
36,80	9,61	12,95	2,07	3,36	0,41	0,62	35,02	100,84

Par ses propriétés, surtout par sa grande quantité d'eau, ce minéral se rapproche beaucoup de la palagonite ; toutefois, il ne fait pas gelée avec les acides. Il paraît entrer dans la composition des variétés du basalte d'Aspenkippel qui ont l'éclat vitro-résineux. Le volcan d'Aspenkippel n'a pas rejeté des laves, mais seulement des matériaux désagrégés ; c'était une sorte de volcan parasite qui était en activité vers la fin de la période tertiaire.

Trapp.

Bon-Ami. — Des amandes calcaires enveloppées dans le trapp du cap Bon-Ami, au milieu de la formation des calcaires dits du Niagara, ont présenté à M. Honeyman (1) des exemplaires bien conservés de Favosites gothlandica et de Cyathophyllum, c'est-à-dire de fossiles provenant des calcaires encaissants. Ainsi, ce trapp a dû venir à l'état fluide et sa température ne devait pas être assez élevée pour modifier la structure des polypiers.

Eukrite.

Hammerferst. — En examinant une roche de Stiernsnudet, près d'Hammerferst, contenant un minéral qui avait été regardé par M. Nordenskiold comme de l'hypersthène, M. Des Cloizeaux a constaté par les caractères pyrognostiques et optiques que c'est du pyroxène. En effet, ce minéral est brun, peu transparent et sans trace de dichroïsme ; il se clive assez facilement suivant les faces d'un prisme de 87° ; il fond non moins facilement au chalumeau en donnant un globule non magnétique. D'ailleurs, il est accompagné d'un feldspath blanc, à éclat gras, offrant sur son clivage le plus facile les stries caractéristiques des feldspaths tricliniques ; ce feldspath s'attaque complétement par l'acide chlorhydrique, et son analyse, qui a été faite par M. Pisani, montre qu'il est intermédiaire entre la vosgite et l'anorthite. Voici du reste sa composition :

SiO^2	Al^2O^3	CaO	MgO	KO et NaO	Perte au feu.	Somme.
46,80	35,20	14,70	0,73	1,76	1,62	100,81

(1) *Americ. Journ.* [3], VIII, 219.

On distingue encore des grains de fer oxydulé et de la pyrite de cuivre. La roche devient très-belle sous le poli, l'anorthite ayant une couleur blanche et le pyroxène prenant des reflets nacrés. Ces deux minéraux qui se présentent en masses laminaires, enchevêtrées, mesurant plusieurs centimètres de longueur, constituent une sorte de dolérite à très-grands éléments à laquelle on peut donner le nom d'*Eukrite*, attribué par M. Tschermak à une roche volcanique composée d'anorthite et de pyroxène. Observons toutefois que, par l'éclat gras de son feldspath et par ses autres caractères, cette roche d'Hammerferst se rapproche déjà des gabbros et de l'euphotide.

Une roche semblable, mais plus riche en anorthite, a été trouvée par le Dr Oberg, à Rädmansön, environ à 100 kil. de Stockholm.

Amphigénite.

ROCCA MONFINA. — De même que M. Abich, M. vom Rath (1) a examiné la roche célèbre qui forme le cratère de Rocca Monfina.

Sa pâte gris clair est finement grenue, presque compacte, et l'on y voit de l'amphigène, du sanidine, de l'augite ainsi qu'un peu de fer oxydulé. Au microscope, on distingue beaucoup de cristaux d'anorthose. L'échantillon analysé par M. vom Rath provenait du mont San Antonio, au nord-est du cratère.

Densité.	SiO^2	Al^2O^3	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	Perte au feu.	Somme.	Rapport de l'oxygène.
2,572	58,48	19,56	4,99	2,60	0,58	10,47	3,14	0,24	100,01	6,442

L'amphigénite de Rocca Monfina ressemble beaucoup à celle de Viterbe et, d'après leurs gisements, toutes deux paraissent provenir de tufs volcaniques. Leur teneur en silice dépasse de 10 p. 100 celle de l'amphigénite type (*Leucitophyr*) et cette dernière contient aussi plus de chaux, plus de magnésie et plus de fer.

Ainsi que l'observe M. vom Rath, l'amphigénite de Rocca Monfina renferme deux fois plus de potasse que la lave du Vésuve; c'est donc une des roches les plus riches en potasse et, à ce titre, il y aurait lieu de rechercher si elle ne pourrait pas être exploitée avantageusement pour l'agriculture.

Cendre volcanique.

VÉSUVE. — MM. C. Osterland et P. Wagner (2) ont analysé de nouveau les cendres volcaniques du Vésuve.

(1) *Zeitschr. d. deutsch. geolog. Gesellsch.*, 1873, 244.

(2) *Deutsche chemische Gesellschaft* (1873) et *Bulletin de la Société chimique de Paris* (octobre 1873).

SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	MgO	CaO	KO	NaO	PO^5	Somme.
47,53	24,95	4,90	3,60	3,33	12,85	1,41		0,90	99,47

Il y a aussi des traces de soufre et d'acide sulfurique.

M. le professeur Rammelsberg, qui a fait précédemment une analyse complète de la cendre volcanique rejetée par le Vésuve en 1872, a trouvé qu'elle contenait une proportion d'alcalis beaucoup plus forte et s'élevant à 9,63 p. 100 (1).

ROCHES MÉTALLIFÈRES.

L'étude géologique des roches métallifères est de la plus haute importance pour le mineur, mais les limites dans lesquelles la *Revue de géologie* est obligée de se renfermer nous forcent à réduire beaucoup l'analyse des travaux relatifs à cette partie de la science et à renvoyer pour plus de développement aux publications spéciales.

Signalons, en particulier, une publication de M. Ludovic Ville (2), ingénieur en chef des mines de l'Algérie, qui fait connaître la situation actuelle de l'industrie minière dans les départements d'Alger, d'Oran, de Constantine. Ce travail, qui sera utilement consulté par les ingénieurs des mines, donne les observations de l'auteur ainsi que celles de MM. Tissot, Pouyanne, Pomel, Rocard et des autres explorateurs de l'Algérie. On y trouvera un résumé précis de tout ce que l'on sait aujourd'hui sur les nombreux gîtes métallifères de la France africaine.

Bismuth.

Un nouveau minerai de bismuth, provenant de Guanaxuato, au Mexique, a été signalé par Don Ant. del Castillo (3). Il est gris de plomb, donnant une poudre gris noirâtre. Sa dureté est 2; sa densité 5,15. Facilement fusible au chalumeau, il colore la flamme

(1) *Revue de géologie*, XI, 74.
(2) Alger; 1874.
(3) *Neues Jahrbuch*, 1873, 225. Dr Burkart.

en bleu et dégage une fumée blanche avec l'odeur du sélénium. Ce semblerait être un *séléniure double de bismuth et de zinc;* toutefois, d'après M. le professeur Rammelsberg, il serait nécessaire d'en faire une nouvelle analyse.

MEYMAC — Un gîte de bismuth a été découvert à Meymac (Corrèze), par M. l'ingénieur Ad. Carnot (1) avec le concours de M. Vény, conducteur des ponts et chaussées.

Le filon quartzeux qui renferme les minerais se trouve encaissé dans une roche granitoïde, à grain fin, à mica blanc, devenant, par place, verdâtre et onctueuse au toucher. Parmi les nombreuses espèces minérales qu'il renferme, M. Ad. Carnot mentionne le wolfram qui, abondant dans la partie supérieure du filon, fait place, peu à peu, à du schéelin calcaire et à de l'acide tungstique hydraté provenant de la décomposition de ce dernier minéral. Le bismuth a été trouvé à l'état de métal natif, de bismuth sulfuré, de bismuth oxydé et hydrocarbonaté ; ces minerais sont accompagnés de mispickel, de pyrite de fer et de limonite. En outre M. Carnot a recueilli des minerais de plomb dans lesquels le métal est à l'état de carbonate, de sulfate, de chlorophosphate ainsi que de molybdate.

Antimoine.

ASTURIES. — M. Grand (2), dans une communication faite à la Société des ingénieurs civils, mentionne un gisement de stibine, encore inexploité, qui se rencontre au sud de Pola de Lena, dans une couche de calcaire carbonifère.

Etain.

CORNOUAILLES. — M. Henwood (3) a décrit les alluvions stannifères du Cornouailles. Ces dépôts, aujourd'hui presque tous épuisés, sont le produit de l'action des agents atmosphériques sur les nombreux filons d'étain qui traversent le granite et le schiste entre le Land's End et Saint-Ives. Ils sont généralement plus pauvres que les moins riches d'entre les filons, mais le métal y est de meilleure qualité. La plupart de ces dépôts sont recouverts par des

(1) *Comptes rendus*, janvier 1874.
(2) *Société des ingénieurs civils;* 1874.
(3) *Journal of the Royal Institution of Cornwall*, XV.

graviers et par de la tourbe; quelques-uns sont exploités à une profondeur de 20 mètres sous le diluvium.

Les alluvions stannifères existent en plus forte proportion au sud de la chaîne de partage des eaux du Cornouailles, parce que, de ce côté, la distance à la mer étant plus grande que sur le versant nord, les cours d'eau avaient moins de pente et entraînaient moins loin les débris arrachés aux roches de leur bassin.

Outre les alluvions, il existe aussi, sur les flancs des collines, des blocs de minerai à l'état de dépôts sur les pentes; dans ce cas, il est facile de les relier aux filons desquels ils proviennent.

Penestin. — On trouve à Penestin (Morbihan) un minerai d'alluvion contenant de l'oxyde d'étain disséminé en petits grains roulés, accompagnés de grenats, avec corindon bleu saphir et fer oxydulé titanifère.

M. de Limur (1) a aussi indiqué de l'or et même du platine, dans ces sables stannifères.

Allier.—Le minerai d'étain, dont la présence a été signalée par M. Daubrée dans les kaolins du département de l'Allier, vient d'être analysé par M. de Gouvenain (2). Aux Colettes, 30 mètres cubes de kaolin brut ont produit 18 mètres cubes de sable quartzeux desquels on a retiré 12 kilogrammes de minerai d'étain contenant 87 p. 100 de cassitérite. Un peu de cassitérite se retrouve aussi dans une roche quartzeuse micacée, qui forme des filons dans le kaolin d'Échassières; il y en a même dans l'amphibole trémolite qui est disséminée en nids dans le kaolin des Colettes. Il semble, dit M. de Gouvenain, que le granite ait été changé en kaolin par des vapeurs stannifères, qui ont imprégné en même temps les roches associées.

Fer.

Asturies. — D'après M. Grand (3), les minerais de fer que l'on rencontre le plus habituellement dans le bassin houiller des Asturies peuvent se classer en quatre catégories :

1° Les grès ferrugineux, propres au terrain dévonien, tels que ceux que l'on exploite aux environs de Luanco, sur la côte, à Quiros et au mont Naranco, au nord-ouest d'Oviedo. Les minerais de

(1) Geoffroy d'Ault-Dumesnil : *Histoire naturelle du Morbihan*, p. 19.
(2) *Comptes rendus*, 1er semestre, 1874.
(3) *Société des ingénieurs civils*, 1874.

Quiros contiennent en moyenne 18 p. 100 de silice et jusqu'à 78 p. 100 d'oxyde de fer. Dans ceux de Naranco, la proportion de silice s'élève à 25 et 30 p. 100, et le rendement en fonte, au haut fourneau, descend à 35 p. 100.

2° Minerais à gangue calcaire, tels que ceux de Grandata et Lagos, dans la partie septentrionale du bassin. Ces gisements, qui se rencontrent généralement dans le calcaire carbonifère, ne peuvent suffire à alimenter une fabrication régulière.

3° Les hématites rouges, fibreuses et compactes, qui se trouvent particulièrement dans la partie supérieure de la vallée d'Aller, et dont l'exploitation présente de grandes difficultés.

4° Les limonites de l'Aramo et des environs de Laviana.

M. Grand fait observer que les gisements de minerais de fer sont, en définitive, peu abondants dans l'intérieur du bassin houiller des Asturies, et que les couches de fer carbonaté n'y ont pas une importance suffisante pour être exploitées.

C'est dans le terrain dévonien que se trouvent les principaux gisements de minerais de fer; ils sont en couches dont la stratification concorde avec celle du terrain, et constituent de véritables grès ferrugineux. On peut se demander s'ils se sont déposés directement dans des eaux chargées d'oxyde de fer, ou bien au contraire s'ils résultent d'imprégnations postérieures à la formation des couches arénacées? Cette dernière hypothèse est de beaucoup la plus vraisemblable, au moins pour les gîtes de cinabre et d'antimoine du bassin des Asturies.

Bretagne. — De Glénac (Morbihan), à Renac (Ile-et-Vilaine), s'étend un horizon de schistes siluriens, argileux et grisâtres, qui forment une saillie régulièrement dirigée vers l'ouest 15° nord, c'est-à-dire suivant la direction de la majorité des schistes siluriens de la Bretagne et de l'Anjou. Suivant M. Jules Garnier (1), on y rencontre çà et là des amas d'une hématite que l'on exploite encore actuellement, et qui, à une époque ancienne, fut exploitée très-activement, si l'on en juge par les nombreuses scories que l'on trouve dans son voisinage. Ce minerai de fer se relie à une roche blanche que les ouvriers nomment *blandin* et qu'ils rejetaient; mais M. J. Garnier a reconnu que c'est un fer carbonaté lithoïde, dont voici la composition :

	FeO	MnO	CaO	Al^2O^3	SiO^3	S	PhO^5	CO^2, Aq
I	49,00	5,32	0,42	4,55	8,45	0,12	1,71	30,43
II	39,80	4,60	1,17	7,99	17,20	0,37	2,28	26,59

(1) Lettre à M. Delesse, 1874.

Ces minerais sont en couches plus ou moins puissantes ; ils contiennent du zinc qui forme d'ailleurs des cadmies dans le haut fourneau.

Dans le voisinage de ces gîtes, à Béganne (Morbihan), on trouve des fers peroxydés titanifères, qui sont associés à des quartz compactes.

Enfin, M. J. Garnier observe encore qu'à Rochefort-en-Terre (Morbihan), on exploite comme minerai de fer, au contact des ardoises et des micaschistes, un schiste très-imprégné de grenats almandins et rendant 20 p. 100 de fonte à la fusion.

RANCIÉ. — Le gîte de fer de Rancié a généralement été considéré comme formé par une série d'amas irréguliers, sans relation les uns avec les autres; mais suivant M. Viera (1), c'est un filon, ou plutôt un système de filons dont les réactions mutuelles ont produit cette disposition particulière, assez fréquente dans les Pyrénées.

Le gîte de Rancié a déjà été décrit avec de grands détails par M. Mussy (2); il est encaissé dans des calcaires classés par Dufrénoy dans le lias. En un seul point, son mur est formé par des schistes. Les calcaires, généralement orientés de l'est à l'ouest, ont un plongement moyen de 70° vers le sud ; sur quelques points singuliers ils se redressent du nord au sud et sont alors très-fendillés.

On peut distinguer trois systèmes de cassures enrichies dont les directions approchées sont, par ordre de date : N. 110° E. (système des Pyrénées); N. 140° E. (système du mont Serrat); N. 70° E. (système des Alpes principales). Les cassures stériles, produisant rejet, sont moins bien connues et varient entre N.-S. et N. 30° E.

Ces cassures sont généralement peu puissantes et se réduisent souvent à quelques centimètres. La grande épaisseur du gîte, qui atteint fréquemment de 20 à 30 mètres, provient, d'après M. Viera, de ce que tout le massif compris entre deux ou trois cassures signalées plus haut s'est effondré ou a été dissous par des eaux acides et remplacé par du minerai. Le gîte se trouve ainsi constitué par des prismes ou des pyramides dont le toit et le mur, au lieu d'appartenir à la même cassure, sont formés par deux et souvent par trois cassures distinctes. La stratification du terrain, intermédiaire entre la direction du premier et celle du troisième

(1) Communication inédite de l'auteur.
(2) *Annales des mines* de 1867 et *Géologie du département de l'Ariége.*

système, a joué aussi un rôle important en offrant un plan de division facile, qui parfois fournit une des parois du gîte et qui, dans tous les cas, a facilité la disparition des prismes découpés par le premier et le troisième système de fractures. Les fractures du système du Mont Serrat (La Canale), qui coupent beaucoup moins obliquement le terrain, donnent du reste naissance à des filons réguliers dont la puissance ne présente aucune anomalie.

La dissolution partielle des masses calcaires découpées par les trois systèmes de failles enrichies a dû être facilitée par la nature du remplissage. Le minerai semble en effet être venu au jour sous la forme de fer carbonaté, dissous à la faveur de la pression et de la température, dans un excès d'acide carbonique. Cette dissolution, sous l'influence du refroidissement et de l'action chimique des parois calcaires, a dû déposer en général de l'hématite brune et, dans les parties étranglées du gîte ou des réouvertures, du fer carbonaté ou même de la chaux carbonatée plus ou moins ferrifère. Le fer oligiste micacé, qui se rencontre en abondance dans certains quartiers de la mine, paraît avoir eu une origine distincte et avoir été amené par les fractures du Mont Serrat, de même que le fer carbonaté semble avoir été amené par les cassures du système des Alpes. On peut remarquer à ce sujet que l'enrichissement s'est fait à la rencontre des deux fractures dans le mur du filon croisé et par le toit du croiseur. Quant à la théorie autrefois admise, suivant laquelle le minerai de Rancié proviendrait de la décomposition en place, par les eaux surperficielles ou souterraines, du fer carbonaté préalablement déposé à cet état, M. Viera pense qu'elle est contraire aux faits observés et qu'elle s'applique tout au plus à la formation de la mine noire dite à grain de gabach. D'ailleurs ces eaux acides ont dû agir mécaniquement et chimiquement sur les parois du gîte en les usant et en y creusant des cavités irrégulières qui masquent maintenant, en grande partie, le canevas primordial des différentes fractures. De cette manière le gîte prend des formes arrondies propres à tromper l'observateur. Cependant on peut toujours reconnaître, au toit et au mur des grands amas, le passage des cassures primordiales qui en ont dessiné le réseau. Le résidu de cette dissolution des calcaires paraît représenté par les puissantes salbandes argileuses qui caractérisent le gîte de Rancié, où elles dépassent souvent 1 mètre d'épaisseur, tandis qu'elles manquent complétement dans les gites analogues encaissés par les schistes.

Suivant M. Viera, l'allure du gîte de Rancié se retrouve dans les gîtes de Lercoul, Miglor et Châteauverdun et, avec quelques modi-

fications, dans ceux du Canigou. Pour lui, la plupart des gîtes aujourd'hui considérés comme des amas ont probablement une origine analogue et sont susceptibles d'être ramenés, comme tous les gîtes métallifères, à une origine filonienne plus ou moins complexe. Enfin il pense que les trois grandes directions signalées plus haut se retrouvent dans presque tous les gîtes de l'Ariége et qu'elles peuvent être mises en évidence dans l'ossature même de la chaîne pyrénéenne, dans laquelle se reproduisent en grand les phénomènes de dislocation observés dans les mines de Rancié.

Escoumps. — On trouve dans les massifs du Canigou des minerais de fer manganésifères qui ont été signalés déjà par Dufrénoy et qui, aux environs de Nyer (Pyrénées-Orientales), viennent d'être étudiés de nouveau par M. Virlet d'Aoust (1).

Une analyse du minerai d'Escoumps (commune de Nyer), faite, il y a quelques années, à l'École des mines, a donné :

Peroxyde de fer	80,12
Oxyde rouge de manganèse	7,21
Quartz et argile	4,66
Perte au feu	7,33
Somme	99,32

Il y a en outre : silice, 0,31 ; soufre, 0,30 ; phosphore, traces.

D'un autre côté, des analyses publiées par M. Petitgand ont également indiqué 6 à 7 p. 100 de manganèse; dans certains échantillons, qui étaient, il est vrai, exceptionnels, la proportion de manganèse s'est même élevée à 17 p. 100. En tout cas, ce minerai de fer offre le grand avantage de contenir une proportion de manganèse supérieure à celle qui est nécessaire pour obtenir des fontes aciéreuses.

M. Virlet d'Aoust décrit spécialement le filon d'Escoumps qui donne son nom à la concession et qui, à la mine d'Alzine, présente un pointement de minerai de fer d'une puissance de 6 mètres.

Au filon de la Fouradade, près le village même de Nyer, la puissance varie de 2 à 8 mètres.

Le minerai consiste en hématites rouges et brunes. L'hématite rouge est magnétique, compacte, mélangée de fer oligiste granulaire. Dans ses cavités on observe des infiltrations siliceuses. La

(1) Rapport sur les mines de fer oxydé manganésifère d'Escoumps (Pyrénées-Orientales), 1823.

minerai est quelquefois coloré en noir par le manganèse qui s'y montre même en veines, à structure fibreuse, pouvant atteindre plusieurs centimètres d'épaisseur.

D'après M. Virlet d'Aoust, les minerais de fer du massif du Canigou forment des amas irréguliers ou des filons parallèles à la stratification; ils sont vraisemblablement dus au soulèvement des Pyrénées. Dans la commune de Nyer, en particulier, les minerais ne sont pas dans le granite, mais bien dans le terrain silurien métamorphique, qui est essentiellement composé de schistes cristallins, alternant avec des calcaires saccharoïdes blancs ou bleuâtres. Les filons ont la direction ouest 18° nord qu'affectent toutes les couches des environs, direction qui est précisément parallèle à la chaîne des Pyrénées. Du reste, les minerais se trouvent surtout dans les zones calcaires, probablement, dit M. Virlet, parce que ces dernières, étant moins flexibles que les schistes, se sont brisées au moment du soulèvement, et parce qu'alors les fentes qui les traversaient ont livré un passage plus facile aux eaux minérales et aux émanations ferrifères. Dans certaines parties, les calcaires au contact des minerais ont été tellement imprégnés par ces émanations qu'ils sont devenus ferrugineux.

NAVOGNE. — Un minerai de fer découvert par MM. Chaney et Duplay à Navogne (Haute-Loire) a été étudié par M. H. Amiot (1).

Ce minerai se trouve au fond d'une cuvette locale formée par la Loire, vers son confluent avec l'Ance, aux environs de Bas-en-Basset et de Monistrol, dans l'arrondissement d'Yssingeaux. Il est vers la base d'un terrain stratifié, regardé comme tertiaire et immédiatement superposé au granite. Il présente un dépôt variable de richesse et de puissance dans lequel le minerai exploitable se réduit tantôt à quelques centimètres et tantôt atteint 0m,80. Les parties riches y forment, comme l'observe M. Amiot, des espèces de rognons irrégulièrement distribués et aucun plan de stratification n'y est nettement visible. Du reste le minerai se compose soit de jaspe jaune clair ou brun, à cassure conchoïde, soit d'arkose cimenté par de l'argile imprégnée d'oxyde de fer, soit encore de limonite avec grains de quartz. Son triage fournit trois qualités qui rendent à l'essai 10, 30 et plus rarement 40 p. 100 de fonte. L'analyse d'un échantillon riche a donné à M. Baroulier de Saint-Étienne :

(1) *Rapport sur une demande en concession*, 28 janvier 1854.

Fe^2O^3	Al^2O^3	CaO	MgO	BaO	SO^3	PO^5	Silice et quartz.	Eau, et acide carbonique.	Somme.
54,02	1,12	2,30	0,08	traces	0,75	0,03	32,15	10,15	100,60

En résumé, ce minerai est toujours très-siliceux, peu alumineux, peu calcaire, et bien qu'il ne soit généralement pas très-riche, il a l'avantage de contenir peu de phosphore et de soufre ; aussi l'exploite-t-on pour la Société de Firminy.

Le terrain stratifié dans lequel le minerai de Navogne est intercalé le recouvre, sur une épaisseur de 15 à 32 mètres, d'après un nivellement barométrique fait par M. Amiot. Des phénomènes d'érosion l'ont séparé postérieurement en plusieurs lambeaux qui sont actuellement complétement isolés. Ce terrain se compose essentiellement de grès (arkoses), dont le grain est tantôt gros et tantôt fin, qui sont accompagnés d'argiles, généralement rouges et quelquefois jaunes ou vertes. Comme on l'observe souvent dans les bassins lacustres, les caractères minéralogiques du terrain varient beaucoup, même sur des points rapprochés ; ainsi, au sud-ouest du bassin, près d'Ancette, le terrain est formé presque exclusivement de grès, tandis que dans le même lambeau, vers l'ouest, ces grès sont remplacés par des argiles rouges.

Ces différences dans les caractères minéralogiques des bassins lacustres doivent vraisemblablement être attribuées à la profondeur et à l'état d'agitation des eaux dans les différentes parties où s'opéraient leurs dépôts, aux affluents qu'elles recevaient, enfin à la position des sources minérales ferrugineuses qui ont amené le minerai de fer, tantôt avec de la silice en dissolution et tantôt avec des argiles.

Suède. — M. l'ingénieur Leo Strippelmann (1) a publié des renseignements techniques sur les minerais de fer de la Suède, particulièrement sur ceux des districts Norberg et Westmannland.

Missouri. — MM. Adolphe Schmidt et R. Pumpelly (2) ont donné des descriptions intéressantes des minerais de fer si riches et si importants du Missouri. Les fers spéculaires qui les constituent ont été analysés par M. A. Blair, et voici quelques-uns des résultats obtenus :

A fortement magnétique, du banc Arnold, district de Salem.

(1) *Die Eisenlagerstätten Schwedens.*
(2) *Geolog. Survey of Missouri*, 1873, 54, 58, 62.

B en filon, dans le porphyre d'Iron Mountain.
C du milieu du gîte désigné sous le nom de Pilot Knob.
D légèrement magnétique, à poudre rouge, de Shepherd Mountain.

	Densité.	Partie siliceuse insoluble.	Fe^2O^3	FeO	Al^2O^3	CaO	MgO	Cu	S	PO^5	Somme.
A	»	4,12	95,24	»	0,11	0,33	0,15	»	»	0,05	100,00
B	5,149	4,71	91,45	2,34	0,93	0,45	0,19	»	»	0,25	100,32
C	»	5,57	90,87	1,67	0,53	1,76	0,13	»	0,08	0,07	100,68
D	4,714	6,76	88,56	2,97	1,55	0,35	0,04	traces	»	0,04	100,27

Les minerais de fer du Missouri forment des amas de fer spéculaire dans le porphyre, comme à Iron Mountain, à Pilot Knob, à Shepherd Mountain; mais il y a en outre du fer spéculaire dans le grès, comme dans le district de Salem.

Dans certains gîtes, le fer spéculaire a visiblement subi des dérangements, et on le trouve aussi en dépôts remaniés.

Enfin il y a encore, dans le Missouri, des couches d'hématite rouge ainsi que des dépôts de limonite qui peuvent également être remaniés.

Chrôme.

ALT-ORSOWA. — Vers la frontière de l'Autriche, de la Valachie et de la Servie, à Alt-Orsowa, la serpentine est associée à du fer chromé qui fait l'objet d'une exploitation. D'après M. Alf. Hofmann (1), ce minerai peut se trouver disséminé dans la serpentine vert noirâtre, mais il n'a cependant d'importance industrielle que lorsqu'il est dans la serpentine vert clair et schisteuse dans laquelle il forme des amas. Plusieurs analyses du minerai de fer chromé ont fait voir à M. Hofmann que sa richesse en oxyde de chrome se montre très-inégale, car elle varie de 17 à 60 p. 100.

Manganèse.

ÉCHASSIÈRES. — Des nodules manganésifères, assez fréquents dans le kaolin d'Échassières, ont été analysés par M. de Gouvenain (2). Ils contiennent plus de 1 p. 100 d'oxyde de cobalt; s'ils étaient plus abondants, on pourrait songer à les utiliser, particulièrement comme minerais de ce dernier métal.

(1) *Neues Jahrbuch*, 1873, 873.
(2) *Comptes rendus*, 1874.

Nickel.

NOUVELLE-CALÉDONIE. — Le nickel, découvert par M. Jules Garnier (1) à la Nouvelle-Calédonie et signalé par lui dans plusieurs publications (*Annales des Mines*, 1867; *Bulletin de la Société de l'industrie minérale*, 1869, etc.), est exploité depuis quelque temps, au Mont d'Or, par une société anglaise. Au sujet de la découverte de ce métal, revendiquée maintenant par les exploitants, il est bon de mentionner l'opinion du Révérend W. B. Clarke qui a écrit aux journaux de Sidney (2) : « Quant au nickel, le minerai qui le contient se trouve aussi dans la collection que M. Jules Garnier m'a envoyée (en 1865). C'est, je crois, un nouveau minerai se rapprochant de la pimélite... Le professeur Dana, de New-Haven (États-Unis) le regarde comme très-beau et a été conduit à le classer parmi les pimélites : il en parlera d'ailleurs dans sa nouvelle édition de *Minéralogie.* » On peut voir à Paris, dans la Collection des Colonies, qui se trouve au Palais de l'Industrie, une dizaine d'échantillons de ce minerai de nickel, provenant de divers points de l'île. D'une manière générale, le nickel accompagne toujours les serpentines et les roches qui leur sont associées; il y forme tantôt des enduits extérieurs, d'un très-beau vert, à éclat plus ou moins gras; tantôt il pénètre les roches siliceuses, dioritiques, amphiboliques. Ses gangues sont donc multiples et variées, mais sa composition semble toujours celle d'un silicate, plus difficilement attaquable aux acides que la pimélite.

A Kanala, où les mineurs n'ont pas encore signalé le minerai de nickel, M. Garnier l'a rencontré en gîtes exploitables; il abonde le long de la Dumbéa (Koé), du Mont d'Or (rivière d'Huautio) et sur d'autres points.

Ce n'est pas un minerai de filon, mais une succession d'amas, de nodules, de bancs plus ou moins imprégnés, parfois très-riches.

Le minerai, étant exempt de soufre et d'arsenic, fournira un produit très-pur et très-rémunérateur, surtout si le nickel, qui a quadruplé depuis dix ans, conserve le prix élevé qu'il atteint maintenant.

Nickel, cobalt, bismuth.

SARDAIGNE. — M. Jacob (3), ingénieur des mines de zinc de la

(1) Lettre à M. Delesse, décembre 1874.
(2) Lettre adressée le 18 mai 1874 au *Sydney Morning Herald*.
(3) Extrait d'une lettre adressée à M. J. Garnier, 1874.

compagnie de la Vieille-Montagne en Sardaigne, a découvert une mine de nickel, cobalt et bismuth, qu'il fait exploiter dans la province de Cagliari, commune de Gonos-Fanadiga.

Cette mine, connue sous le nom de Fenugu-Sibiri, est au sein des hautes montagnes qui longent le plateau granitique d'Arbus, lequel a soulevé les gneiss ainsi que les schistes anciens qui recouvrent ses flancs au sud et au nord. C'est sur le versant sud que se trouvent les filons de nickel, pendant que le versant nord renferme les mines célèbres de Montevecchio.

Les filons nickélifères sont stratifiés avec les schistes métamorphiques anciens; leur nature est quartzeuse; ils sont inclinés de 45° à 50° vers le sud, au voisinage des granites où on les a reconnus, leur direction étant est-ouest.

A la surface on distingue trois réseaux métallifères dont l'un se suit sur 2 kilomètres de longueur. Les parties supérieures de ces filons semblent généralement stériles et sont composées de quartz plus ou moins compacte ou imprégné d'oxyde de fer; mais au-dessous de ce chapeau de fer formé par oxydation, le minerai apparaît constitué par des arsénio-sulfures de nickel et de cobalt, avec association de bismuth. Les teneurs près de la surface sont :

Nickel.	7 p. 100
Cobalt.	2 —
Bismuth.	1 —

A 20 mètres de profondeur on a trouvé :

Nickel.	20 p. 100
Cobalt.	5 —
Bismuth.	1 —

Des échantillons de choix ont même donné 40 p. 100 pour les trois métaux réunis.

L'un de ces réseaux métallifères est assez riche en galène argentifère, tandis que le nickel et ses associés y font défaut.

Zinc.

HAUTE SILÉSIE. — Quoique la blende soit habituellement très-exceptionnelle dans la calamine de la haute Silésie, M. Pietsch (1) observe qu'on vient d'en découvrir un gîte utilement exploitable, dans le fond de la mine Cécile, près de Beuthen. Cette blende, d'une puissance moyenne de 2 à 3 mètres, présente un amas incliné

(1) *Zeitschrift für das Berg-Hütten u. Salinen-Wesen*, XXI, 282.

de 3° et intercalé dans la dolomie; elle forme des veines qui s'enchevêtrent intimement dans la calamine et qui sont d'ailleurs accompagnées de galène.

Cuivre.

M. Friedel (1) a donné le nom de *Delafossite* à une combinaison d'oxyde ferrique et d'oxyde cuivreux qui est représentée par la formule Fe^2O^3, Cu^2O.

CASTIFAO.— Les minerais de cuivre de la Corse se trouvent principalement dans les schistes chlorités et serpentineux que l'on rencontre sur le versant occidental de l'île.

Actuellement la concession des mines de cuivre de Saint-Augustin, qui embrasse les communes de Castifao et de Moltifao, est la seule qui soit l'objet de travaux d'exploitation. D'après M. de Mont Richer (2), elle est située à 60 kilomètres au S.-O. de Bastia et à 40 kilomètres au S.-E. de l'île Rousse.

La direction générale du gîte, reconnue par quatorze affleurements, sur une longueur de 8 kilomètres environ, paraît être N.-S., parallèle par conséquent au système de montagnes de la Corse. Son inclinaison varie de 82 à 85° E. Sa puissance est comprise entre 1m,50 et quelques centimètres. Le minerai se compose, en majeure partie, de cuivre pyriteux qui est dans une gangue de schiste chlorité; sa teneur varie entre 15 et 25 p. 100 de cuivre. Il y a aussi des minerais carbonatés contenant 14 à 18 p. 100 de cuivre. Les carbonates de cuivre prédominent vers le nord et dans les parties avoisinant la surface.

Voici d'ailleurs quelle est la composition d'un échantillon de minerai extrait du puits de Pozzo :

Cu	Fe	S	SO^3	Silice et argile.	Al^2O^3	MgO	CaO	Somme.
18,20	30,10	30,39	2,16	13,55	4,50	1,08	traces	99,98

Dans les travaux du chantier du Pont, on a extrait des blocs de pyrite compacte pesant 30 tonnes et affectant la forme de rognons qui est particulière aux minerais de cuivre du Monte Cattini (Toscane) (3). On a récemment mis en exploitation deux gîtes nouveaux, dont l'allure diffère un peu de celle du Pont.

(1) *Société chimique*, XX, 99.
(2) Lettre à M. Delesse, novembre 1874.
(3) Burat : *Minéraux utiles*, p. 141.

D'après M. de Mont Richer, d'autres travaux de recherches effectués à 500 mètres plus au nord, dans un terrain analogue à celui de Pozzo, ont mis à jour un filon à salbandes bien déterminées, courant du S.-O. au N.-E., et ayant sensiblement la même direction que les terrains encaissants. Ce filon est traversé par des croiseurs assez riches, dirigés du sud au nord, comme les premières veines découvertes, mais présentant des rognons séparés entre eux et irrégulièrement distribués, c'est-à-dire la structure en chapelet. Les minerais extraits sont du cuivre noir et des carbonates.

Argent.

LAURION. — M. R. Nasse (1) et M. Bernard de Cotta ont publié des renseignements sur les célèbres mines d'argent ou de plomb argentifère du Laurion qui, exploitées dès le temps de Périclès, furent définitivement abandonnées vers le milieu du deuxième siècle après l'ère chrétienne.

Les minerais d'argent du Laurion sont complétement associés à des minerais de fer, qui, à différents niveaux, se trouvent encaissés dans une formation composée de calcaires marmoréens et de schistes à demi cristallins. En allant du toit au mur, M. Nasse y distingue les six niveaux métallifères qui suivent :

α Gîte de contact, intercalé entre le schiste supérieur *a* et le calcaire supérieur *b*.
β Masses formant stockwerk dans le haut du calcaire supérieur *b*.
γ Gîte de contact entre le mur du calcaire supérieur *b* et le schiste inférieur *c*.
δ Filons dans le schiste inférieur *c*.
ε Gîte de contact du calcaire inférieur *d*.
ζ Masses formant stockwerk dans le calcaire inférieur.

Tous les gîtes ferrifères du Laurion sont essentiellement composés d'un hydroxyde de fer brun, compacte, contenant beaucoup de manganèse et de zinc, dans lequel le fer spathique et l'hématite rouge sont relativement rares; cet hydroxyde de fer renferme fréquemment des parties à l'état d'ocre jaune.

Les minerais de plomb argentifère, qui sont intimement associés à ces minerais de fer, consistent en galène et en cérusite. La galène est disséminée, tantôt en grains, tantôt en veines; sa richesse en argent varie de 0,10 à 0,26 p. 100. La cérusite peut aussi être disséminée en gros grains dans le minerai de fer, ou bien s'y

(1) *Zeitschrift für das Berg-Hütten und Salinen-Wesen*, XXI, 1873, 12.

réunir en veines; mais, dans l'ocre jaune, elle est en cristaux microscopiques. Sa teneur en argent est souvent plus élevée que celle de la galène. Dans l'ocre jaune, la galène est assez ordinairement enveloppée de cérusite. La mimétésite et la pyromorphite ne sont pas fréquentes et s'observent seulement en très-petits cristaux.

Les minerais de manganèse, à l'état de pyrolusite et de psilomélane, forment simplement des enduits ou des veines fines.

Les minerais de zinc sont la blende noire ou brune et la calamine, compacte, brun jaunâtre; de même que pour le plomb, la blende peut être enveloppée par de la calamine.

Souvent les minerais de fer sont traversés par des veines de chaux carbonatée, de dolomie, et de quartz; la chaux fluatée, qui se montre avec une couleur gris rougeâtre, y est moins répandue et la baryte sulfatée y est tout à fait locale.

Parmi les minerais de cuivre, on trouve de la malachite et de l'azurite.

Enfin le traitement métallurgique pour l'extraction de l'argent révèle aussi dans le minerai la présence de l'antimoine et de l'arsenic.

Quant à ce qui concerne la puissance et les allures des divers niveaux métallifères du Laurion, suivant M. Nasse, le gîte α s'étend surtout à l'ouest et au nord de la région des mines. Sa puissance très-variable est en moyenne de 1 mètre; mais, dans des renflements, elle peut devenir trois ou quatre fois plus grande.

δ forme des nids et des rognons.

Le gîte γ n'a pas la régularité et la puissance de α, et généralement il manque même complétement dans la partie sud du Laurion. La couleur foncée de son hydroxyde de fer indique du reste qu'il est riche en manganèse; d'un autre côté, il est pauvre en minerais de plomb.

Le gîte ε a été exploité près Berseko par la Compagnie franco-italienne et, d'après M. Cordella, il a $0^m,5$ à $5^m,5$ de puissance; de plus le minerai de fer y est accompagné de plomb.

Le gîte ζ, qui près de Berseko, forme de petites masses en stockwerks dans le calcaire inférieur, se montre composé de limonite brune et d'ocre jaune.

M. Nasse observe qu'on rencontre souvent des minerais de fer qui se trouvent au contact du schiste avec du calcaire ou bien en stockwerks dans ce dernier. Leur dépôt peut, suivant lui, être attribué à des dissolutions aqueuses, le plus habituellement de bicarbonates, dans lesquelles les oxydes métalliques auraient été fournis par les schistes mêmes formant le toit ou le mur.

Quoi qu'il en soit de cette théorie, à laquelle il serait facile de faire plus d'une objection, remarquons avec M. Nasse que les gîtes du Laurion qui contiennent du fer, du plomb et du zinc, présentent de l'analogie avec ceux des environs de Stolberg près d'Aix-la-Chapelle ; seulement les couches qui renferment ces derniers n'ont pas été soumises à un métamorphisme énergique, comme au Laurion.

Mercure.

ASTURIES. — M. Grand (1) signale des grès dévoniens imprégnés de cinabre, qui se trouvent sur la rive gauche de la Lena, où on peut les suivre depuis les environs de la Pala jusqu'à Mières.

Or.

WURTEMBERG.—De l'or est indiqué, par M. le Dr Nördlinger (2), dans le grès blanc qui appartient au Keuper du Würtemberg.

(1) *Société des ingénieurs civils*, 1873.
(2) *Württemberg. Naturwissenschaftliche Jahreshefte*. 1873.

TROISIÈME PARTIE.

TERRAINS.

TERRAINS PALÉOZOÏQUES.

TERRAINS ANTÉRIEURS AU TERRAIN SILURIEN.

Eozoon canadense. — Le nombre des naturalistes qui admettent la nature organique de l'Eozoon canadense (1) tend à diminuer de plus en plus.

C'est ainsi que M. Carter (2) déclare qu'il lui est absolument impossible de voir dans l'Eozoon les caractères d'un foraminifère; même en examinant, sous les plus forts grossissements, des plaques minces de calcaire laurentien à Eozoon, il n'a pu y apercevoir les tubes perpendiculaires qui sont, dit-il, une condition *sine quâ non* de la structure des foraminifères.

De leur côté, MM. John Perry et Burbank (3), après avoir étudié les calcaires à Eozoon du Massachusetts et d'autres régions calcaires, dont l'allure est, suivant eux, filonienne, concluent que l'Eozoon n'est pas plus un animal que les dendrites ne sont des végétaux.

Enfin M. Ehrenberg (4), l'une des plus hautes autorités en matière de foraminifères, fait les plus expresses réserves relativement à l'Eozoon et ne se montre pas plus affirmatif à l'égard du Bathybius, ce prétendu organisme des mers profondes actuelles.

Cependant M. Dana (5), depuis la découverte de l'Eozoon, a cru devoir changer le nom d'azoïque qu'il avait d'abord donné à la pé-

(1) Voir les précédents volumes de la *Revue de géologie*.
(2) *Americ Journ.* [3], VII, 437.
(3) *Proc. of the Boston, Soc. of nat. hist.*, 1871.
(4) *Neues Jahrb.*, 1873, 974.
(5) *Manual of geology*, 2e édition.

riode antésilurienne; il a commencé par adopter le mot *éozoïque*, mais pour que la dénomination pût s'appliquer même aux roches qui sont certainement dépourvues de fossiles, il s'est définitivement arrêté à l'expression de période *archéenne*.

Micaschistes de l'Ardèche. — M. Munier-Chalmas (1) a signalé, dans la vallée de l'Eyrieux (Ardèche), un gneiss empâtant des fragments anguleux de micaschiste. Les gneiss du mont Pilat étant, d'après M. Gruner, antérieurs au micaschiste du même massif, il y aurait ainsi, dans cette région, deux époques de schistes micacés.

ALPES CENTRALES.—M. Wick (2) signale la grande ressemblance du gneiss central des Alpes avec les roches primaires, huroniennes et laurentiennes, selon lui, de la Finlande. Le granite schisteux de la chaîne centrale alpine appartiendrait au terrain huronien. Les gneiss divers et les pegmatites du Lac Majeur seraient laurentiens et les schistes gris et verts équivaudraient aux schistes argileux primitifs de la Saxe.

Ainsi M. Wick se range à l'opinion de M. Gastaldi (3), pour qui la zone des roches vertes alpines est antésilurienne; mais cette opinion, également acceptée par M. Baretti (4), est combattue, au moins pour le mont Cenis, par M. Lory (5), qui attribue aux schistes lustrés un âge beaucoup plus récent.

SUÈDE. — M. Törnebohm (6) a donné une classification des couches antésiluriennes de la Suède; cette série est principalement formée de gneiss, où l'on peut distinguer, d'après l'arrangement et la grosseur des éléments, une stratification distincte de la schistosité. Le plus souvent les deux structures sont concordantes; mais il y a des cas où elles diffèrent.

La série des gneiss antésiluriens se divise en cinq étages.

Le plus ancien est celui du *gneiss avec fer oxydulé* : il ne contient ni calcaire ni minerais.

Ensuite vient le *gneiss gris*, avec quelques rares apparitions de calcaire à sa partie supérieure.

Le *gneiss rouge* contient du calcaire et des minerais. La plupart des gîtes de minerai de fer de la Suède sont dans cet étage.

---

(1) *Bull. Soc. géol.* [3], I, 195.
(2) *Verh. d. k. k. g. Reichs.*, 1873, 121. — *Revue géol. suisse*, IV, 283.
(3) *Revue de géologie*, X, 104.
(4) *Revue géol. suisse*, IV, 287.
(5) *Bull. Soc. géol.* [3], I, 266.
(6) *Neues Jahrb.*, 1874, 131.

L'étage des *eurites*, qui lui succède, contient de grandes intercalations de calcaires, surtout à la base, et des minerais (gîtes de fer d'Utö et de Dannemora, pyrites de Falun, galène de Sala, blende d'Ammeberg.)

Enfin l'étage des *schistes argileux* contient à sa base du calcaire et des minerais.

Les deux derniers étages appartiendraient au huronien, les trois premiers au laurentien; cependant il ne paraît pas y avoir de discordance entre les deux séries.

Quant aux roches, souvent très-variables, désignées sous le nom d'Hälleflinta, M. Törnebohm distingue la variété rubanée, qui se présente en couches alternant avec du calcaire grenu à Dannemora, Sala, Utö, etc., et les variétés porphyriques, qui ont une place indépendante et constituent une roche massive, porphyroïde, comme il en existe dans l'antésilurien de l'Amérique du Nord et de la Thuringe.

Enfin M. Törnebohm distingue quatre granites, dont les deux plus anciens, le granite gneissique et le granite syénitique d'Upsal, sont souvent difficiles à délimiter relativement au gneiss, tandis que la chose est plus facile avec le granite d'Oerebro, qui contient souvent des fragments de gneiss et d'eurite, et plus encore avec le granite de Stockholm.

Série cuprifère du Lac Supérieur. — La série dite *cuprifère* du Lac Supérieur, c'est-à-dire cet ensemble de trapps, de grès, de conglomérats, de mélaphyres et de schistes qui contient les gisements de cuivre, avait été considérée autrefois comme appartenant à la base du silurien.

M. Irving (1) croit avoir reconnu que la série cuprifère est contemporaine des dépôts huroniens de la région et que les grès qu'on y rencontre ont été relevés et déplacés avant le dépôt des grès siluriens, demeurés horizontaux, des îles des Apôtres et de l'extrémité occidentale du Lac Supérieur.

TERRAIN SILURIEN.

Cambrien et silurien. — M. Sterry-Hunt (2) a publié une étude sur l'histoire des dénominations de *cambrien* et de *silurien*. L'auteur établit que le nom de cambrien a été créé par Sedgwick

(1) *Americ Journ.* [3], VIII, 46.
(2) *Canadian naturalist*, VI, n° 3, 294. — *Geol. Mag.*, X, 385, 453, 504, 561.

pour une série de roches du pays de Galles, développée dans la chaîne des monts Berwyns et dont le calcaire de Bala était le terme supérieur; l'étage moyen était constitué par le groupe de Ffestiniog et le groupe de Bangor formait la base.

A cette époque, Murchison regardait les roches de Bala comme inférieures à l'étage de Llandeilo, et sur la foi de son autorité, Sedgwick l'avait admis sans discussion. Mais déjà, ayant reconnu, dans les roches cambriennes de Bala, de Meiford et de Glynceirog, des fossiles identiques avec ceux de l'étage de Caradoc, Murchison convenait que le silurien inférieur était, par sa faune, intimement lié au cambrien inférieur.

Bientôt les études du *Geological Survey* firent reconnaître que le calcaire de Bala était intercalé dans une puissante série de couches appartenant à l'étage de Caradoc et séparées des schistes à lingules par une forte épaisseur de couches de Llandeilo. Alors on découvrit que les coupes primitivement données par Murchison étaient inexactes et que le Llandeilo, ou groupe inférieur du silurien inférieur, reposait en complète discordance sur les couches sous-jacentes, c'est-à-dire sur les schistes à lingules. Sedgwick aurait voulu d'abord que le nom de cambrien continuât à être appliqué au groupe de Bala; ensuite il proposa un compromis en vertu duquel ce groupe porterait le nom de *cambro-silurien*, celui de silurien devant être réservé aux étages de Wenlock et de Ludlow, tandis que le mot de cambrien désignerait les couches inférieures au groupe de Bala. Plus tard, il imagina le nom de *protozoïque* pour désigner toute la série comprise entre les schistes cristallins de Caernavon et le silurien proprement dit, ce dernier commençant au Wenlock. Mais l'autorité de Murchison l'emporta, et le nom de silurien continua à être étendu aux étages de Bala et de Llandeilo.

A cette époque, M. Barrande découvrait en Bohême les trois premières faunes paléozoïques et les considérait comme formant, par leur ensemble, le système silurien, bien que sa faune primordiale fût absolument distincte de la faune silurienne anglaise.

Plus tard, la faune primordiale fut enfin retrouvée avec certitude dans le pays de Galles, aux environs de Saint-David (1); et depuis, les géologues anglais, notamment M. Ramsay, ont montré qu'il existe, entre les schistes à lingules et l'étage de Llandeilo, deux discordances de stratification, situées l'une au-dessus, l'autre au-dessous des schistes du Tremadoc supérieur.

(1) *Revue de géologie*, VII, 161; IX, 195.

M. Sterry Hunt est d'avis qu'il convient de restreindre la dénomination de silurien aux couches qui contiennent la faune troisième, et il propose d'appeler *siluro-cambrien* le groupe de Bala, c'est-à-dire l'étage de la faune seconde. Cette distinction lui paraît justifiée par l'importance de cet étage en Amérique, où il renferme les schistes d'Hudson-River et le calcaire de Trenton.

M. Sterry Hunt a joint à son travail un tableau du synchronisme des formations paléozoïques inférieures en Europe et dans l'Amérique du Nord.

GRANDE-BRETAGNE.	AMÉRIQUE DU NORD.	BOHÊME.
14. Ludlow. 13. Wenlock. 12. Llandovery supérieur.	Helderberg inférieur. Niagara, Clinton, Medina, Oneida.	Faune troisième.
Discordance.		
11. Llandovery inférieur. 10. Caradoc ou Bala. 9. Llandeilo supérieur. 8. Llandeilo inférieur.	Hudson-River, Utica, Trenton, Birdseye, Black-River. Chazy.	Faune seconde.
Discordance.		
7. Tremadoc supérieur. 6. Tremadoc inférieur.	Levis. Calcifère.	Faune première.
Discordance.		
5. Dolgelly. 4. Maentwrog.	Potsdam.	
3. Ménévien. 2. Harlech. 1. Llanberis.	Braintree et Saint-John.	

Graptolites d'Angleterre.—M. J. Hopkinson (1) a découvert de nouvelles couches à graptolites dans l'île Ramsey près de Saint-David (2). Il a pu déterminer les espèces suivantes : Didymograpsus affinis, D. bifidus, D. geminus, D. patulus, Diplograptus dentatus, D. mucronatus, Climacograptus scalaris. Ces espèces indiquent le niveau de l'étage supérieur d'Arenig.

En comparant les schistes à graptolites du Cumberland et d'Arenig avec ceux de l'île Ramsey, M. Hopkinson a constaté que, dans ces divers gisements, les graptolites dendroïdes abondent dans les assises inférieures, tandis que les espèces légèrement divergentes se trouvent surtout au sommet. La série de Skiddaw, qui ne contient pas de dendroïdes, paraît se relier à l'étage supérieur de l'île Ramsey ; il en résulterait qu'au lieu d'être, comme on l'a cru jusqu'ici, les plus anciennes roches à graptolites du pays

(1) *Geol. Mag.*, X, 518.
(2) *Revue de géologie*, XI, 101.

de Galles, les schistes de Skiddaw seraient plus récents que les couches inférieures à graptolites de Saint-David.

M. Hopkinson (1) a également recueilli de nombreuses espèces de graptolites aux environs de Ludlow. Ces espèces appartiennent aux genres Monograptus et Ptilograptus; dans le nombre figurent les M. bohemicus, M. chimæra, M. colonus, M. Nilssoni et Ptilograptus anglicus. Les huit autres sont des espèces nouvelles. Toutes ont été trouvées dans le Ludlow inférieur; le calcaire d'Aymestry paraît avoir vu la fin des graptolites, malgré l'opinion reçue que les M. colonus et M. priodon sont communs aux deux étages du Ludlow. Il y a plus, le M. priodon n'a pas été trouvé par M. Hopkinson dans la série de Ludlow: tous les exemplaires qu'il a recueillis proviennent des schistes de Wenlock.

Parallélisme du terrain ardennais et du cambrien. — M. Dewalque (2) a constaté la grande ressemblance du terrain ardennais avec le cambrien du pays de Galles. Les ardoises de Fumay sont absolument identiques avec celles de Llanberis et le revinien correspond bien aux Lingula-flags. Quant au système salmien de Dumont, M. Dewalque y a rencontré, à Spa, le Dictyonema sociale, qui se présente en Angleterre au sommet des schistes à lingules. La même découverte avait été faite en 1871 par M. Malaise (3).

Brabant, Sambre-et-Meuse. — M. Malaise (4) a décrit le terrain silurien du Brabant, dans lequel il distingue, de haut en bas, les assises suivantes :

IV. Assise de Gembloux, phyllades quartzifères.
III. Assise d'Oisquercq, phyllades bigarrés et graphiteux.
II. Assise de Tubize, quartzites et phyllades aimantifères.
I. Assise de Blanmont, quartzites inférieurs.

Les fossiles n'ont encore été rencontrés que dans l'assise IV, qui contient les espèces de la faune seconde silurienne, Illænus Bowmanni, Trinucleus seticornis, Ampyx nudus, Zethus verrucosus, Dalmanites conophthalmus, Calymene incerta, Orthis testudinaria, O. vespertilio, O. calligramma, etc.

Le terrain silurien de Sambre-et-Meuse présente la plupart des fossiles de celui du Brabant; cependant on y rencontre aussi des types de la faune troisième.

(1) *Geol. Mag.*, X, 519.
(2) *Bull. Acad. roy. de Belgique* [2], XXXVII, mai 1874.
(3) *Ibid.*, juin 1874.
(4) Mém. couronnés de l'Acad. roy. de Belgique, Bruxelles, 1873.

M. Malaise pense que le silurien du centre de la Belgique appartient plutôt à la bande paléozoïque du nord (Russie, Scandinavie, Angleterre, Thuringe) qu'à celle du centre (Bohême, Espagne, Portugal, Sardaigne).

Il convient de rappeler que les quartzites de Gembloux avaient été classés par Dumont dans le coblentzien (dévonien inférieur), et que M. Gosselet a depuis longtemps reconnu leur caractère silurien.

Sarthe. — M. Guillier (1) a découvert, dans le terrain silurien de la Sarthe, un assez grand nombre de fossiles, qui lui ont permis de constater l'existence, dans ce pays, des étages D et E de M. Barrande. L'étage E a fourni 30 espèces et l'étage D 48, dont 43 dans les schistes à Calymene Tristani et 5 dans les grès à bilobites.

M. de Tromelin a reconnu, dans les fossiles recueillis par M. Guillier au milieu des grès à bilobites, les Lingula Lesueuri (L. Trigeri), Cruziana furcifera, C. Bronni, C. Goldsfussi, C. Lyelli. De plus, il a vu avec les lingules des débris de trilobites appartenant aux genres Illœnus et Asaphus. Pour lui, le grès à bilobites appartient, non à la faune primordiale, mais à la première phase de la faune seconde.

C'est à Chemiré que la faune de l'étage E est le mieux représentée. On y trouve un Pterygotus, les Ceratiocaris Bohemicus, C. inæqualis, Spirorbis Lewisi, Orthoceras, Avicula Cybele, A. varians, A. matutinalis, Cardiola interrupta, Graptolithus priodon.

Les schistes ampéliteux de Neuvillette semblent constituer une zone inférieure aux couches de Chemiré. On y trouve les Grapt. colonus, G. testis, Diplograpsus folium, Orthis venustula, O. caduca.

Thuringe. — M. Richter (2) a signalé dans la Thuringe, au-dessous des schistes siliceux et alunifères à graptolites, des couches contenant les Asaphus marginatus, Calymene, Beyrichia excavata, Lingula, Discina rediviva, etc., c'est-à-dire une faune d'apparence un peu plus récente que celle qui a été décrite à Hof par M. Barrande (3).

Scandinavie. — M. Linnarsson (4) a résumé dans le tableau suivant la concordance des couches siluriennes des provinces

(1) *Bull. de la Soc. d'agric., sciences et arts de la Sarthe*, 1874.
(2) *Zeit. d. d. g. G.*, XXIV, 72.
(3) *Revue de géologie*, VIII, 164 ; VIII, 87.
(4) *Zeit. d. d. g. G.*, XXV, 675.

russes de la Baltique, étudiées par Schmidt, avec celles de la Bohême et de la Suède.

BOHÊME.	SUÈDE.	PROVINCES BALTIQUES.
Étage E, bande e^1.	Calcaire à Leptæna. Schistes supérieurs à graptolites.	Calcaire de Borkholm.
Étage D, bande d^5.	Schistes à brachiopodes. Schistes à Trinucleus.	
	Calcaire à Chasmops.	Schistes bitumineux à Chasmops.
	Calcaire à orthocères.	Calcaire à Orth. vaginatum et calc. chloritique.
Étage C.	Schistes inf. à graptolites. Calcaire à Ceratopygus Schistes à Olenus.	Sch. argileux à Dictyonema.
	Schistes à Paradoxides. Grès à fucoïdes. Grès à Eophyton.	Grès à ungulites. Argile bleue.

D'après M. Torell (1), l'étage *sparagmitique* de Kjerulf, très-développé en Scandinavie, correspond au groupe de Longmynd d'Angleterre et à la *regio fucoidarum* d'Angelin. Les formations cambriennes de Suède pourraient donc se diviser ainsi qu'il suit :

	ANDRARUM, SCANIE.	KINNEKULLE, WESTROGOTHIE.
Faune primordiale	Zone de l'Agnostus lævigatus. Couches à Selenopleura. Zone à Paradoxides Davidis. Zone à Parad. Hicksi. Zone à Parad. Wahlenbergi.	Zone de l'Agnostus lævigatus. Couches à Selenopleura. Inconnu. Zone à Parad. Hicksi. Inconnu.
Groupe d'Harlech ou de Longmynd.	Saxum arenaceum, Scolithus, Diplocraterion.	Saxum arenaceum, Fucoïdes, Eophyton.

Podolie et Galicie. — M. Fr. Schmidt (2) a étudié la formation silurienne du Dniester en Podolie et en Galicie. Il s'agissait de savoir s'il était possible d'y établir deux groupes correspondant au Wenlock et au Ludlow.

La plus grande partie des localités fossilifères appartient à l'étage de Ludlow et présente avec les couches siluriennes supérieures d'Oesel et de Gothland une telle analogie que le bassin du Dniester doit être considéré comme le prolongement de celui de la Baltique.

(1) *Neues Jahrbuch*, 1873, 169.
(2) *Neues Jahrb.*, 1873, 215.

En Podolie, la formation, très-riche en polypiers, contient aussi les Euomphalus alatus, Lucina prisca, Pentamerus galeatus. En Galicie, les Tentaculites abondent ainsi que les bivalves (Orthonota, Pterinea, etc.). Près de Zalesczycki, les schistes avec plaquettes calcaires sont recouverts en stratification concordante par un grès contenant des Pteraspis, Pterygotus, et d'autres fossiles ressemblant aux Asterolepis et Coccosteus du vieux grès rouge; en sorte qu'il y aurait là, comme en Angleterre, passage au dévonien.

L'étage inférieur de Wenlock est peu développé; deux localités seulement ont présenté ses fossiles, Spirifer radiatus, Orthis elegantula, Leptæna transversalis.

Amérique du Nord. — M. Dana (1) divise le terrain silurien inférieur d'Amérique en trois périodes : 1° Période primordiale ou cambrienne; c'est ce qu'on appelait autrefois grès de Potsdam; mais il a paru convenable de faire disparaître cette dénomination, le grès de Potsdam étant l'assise la moins caractéristique de la formation; 2° P. canadienne, établie à l'aide des terrains reconnus, aux environs de Québec, comme représentant, dans le silurien inférieur, une ère distincte, contemporaine du grès calcifère et du calcaire de Chazy; 3° P. de Trenton, divisée en calcaire de Trenton et groupe de Cincinnati, ce dernier remplaçant l'ancien groupe d'Hudson-River, car les schistes proprement dits de la rivière Hudson ont été reconnus depuis comme appartenant au groupe de Québec.

Enfin M. Dana a cru devoir faire rentrer le grès d'Oriskany dans le silurien supérieur au lieu de le placer à la base du dévonien.

— D'après M. Dana, (2) la série de Helderberg, ou silurien supérieur, contient, dans la Nouvelle-Angleterre, un grand nombre de roches métamorphiques; il y a du gneiss, impossible à distinguer du gneiss ancien, puis des roches amphiboliques, du gneiss syénitique, des schistes micacés et des schistes à staurotide. Sur la foi de ce faciès lithologique, M. Sterry Hunt (3) en avait fait du présilurien, sous le nom de *montalban*, ou série des Montagnes Blanches.

Le passage du quartzite au gneiss est visible en divers points; les deux roches y semblent aussi intimement liées que la vase et le sable sur les plages.

---

(1) *Manual of geology*, 2e édition, 1874.
(2) *American Journal* [3], VI, 339.
(3) *Revue de géologie*, X, 105.

— Des travaux de chemin de fer ont mis à découvert, dans les monts Cobequid (Nouvelle-Écosse), une série de schistes et de diorites alternant en couches régulières, où M. Honeyman (1) a reconnu des graptolites, des trilobites et des lingules appartenant au groupe d'Hudson-River, c'est-à-dire à la partie supérieure du silurien inférieur. Cette découverte jette un jour précieux sur l'âge des couches métamorphiques de la Nouvelle-Écosse et peut-être aussi sur celles du Nouveau-Brunswick.

— La présence du silurien a été constatée dans le New-Hamsphire, dans une région jusqu'alors considérée comme azoïque. D'après MM. Billings et Hitchcock (2), les fossiles recueillis sont les Favosites basaltica, Zaphrentis, Pentamerus Knighti, et indiquent l'horizon d'Helderberg.

Plantes terrestres dans le silurien. — M. Lesquereux (3) avait annoncé la présence, dans le silurien inférieur de l'État d'Ohio, de restes fossiles de plantes terrestres qu'il rapportait au genre Sigillaria.

Sans nier absolument cette conclusion, M. Newberry (4) est plutôt porté à voir dans ces fossiles des moules de fucoïdes, en se fondant sur l'absence totale de matière charbonneuse comme de toute trace d'organisation végétale.

Ainsi, à part le Psilophyton signalé par M. Dawson dans le silurien supérieur du Canada, il n'y aurait pas encore de végétaux terrestres authentiques dans le silurien.

TERRAIN DÉVONIEN.

Limite inférieure du terrain dévonien en Angleterre. — M. Randall (5) a signalé, dans la vallée de Linley-Brook, deux couches à ossements de poissons, séparées l'une de l'autre par environ 13 mètres de grès et de schistes avec lingules. Ces couches établissent le passage du silurien supérieur ou Ludlow au vieux grès rouge dévonien.

De semblables couches à ossements, avec schistes de passage, ont été observées dans les comtés de Hereford, Worcester et Glou-

(1) *Americ. Journ.* [3], VII, 148.
(2) *American Journal* [3], VII, 468.
(3) *Americ. Journ.* [3], VII, 31.
(4) *Americ. Journ.* [3], VIII, 110.
(5) *Geol. Mag.*, X, 494.

cester, jusqu'à une distance de plus de 100 kilomètres de Linley-Brook.

Bassin dévonien franco-belge. — Le bassin dévonien franco-belge se divise en deux bandes, l'une septentrionale, réduite, d'après Dumont, au poudingue de Burnot, l'autre méridionale, où Dumont reconnaissait, à la base, le terrain rhénan et, au-dessus, le système de Burnot, représenté seulement par les schistes et grès rouges de Hierges.

M. Gosselet (1) propose de revenir à l'opinion antérieurement émise par M. Élie de Beaumont, et d'admettre que tout le terrain rhénan, traversé par la Meuse entre Fépin et Vireux, est contemporain du système quartzoschisteux inférieur de la bande septentrionale tel qu'on le voit entre Burnot et Dave.

Les termes synchroniques des deux séries s'établiraient ainsi qu'il suit :

BANDE SEPTENTRIONALE.	BANDE MÉRIDIONALE.	
	II. *Assise de la grauwacke.*	
Grauwacke rouge de Rouillon.	Grauwacke de Hierges.	Système eifélien quartzo-schisteux.
Poudingue de Burnot.	Poudingue de Wéris.	
Schistes et grès rouges de Burnot.	Schistes et grès rouges de Chooz.	
Grès de Wépion avec schistes rouges.	Grès noir de Vireux.	S. ahrien.
	Grauwacke de Montigny.	S. hundsruckien.
Grès du bois d'Anse et schistes rouges.	Grès d'Anor.	S. taunusien.
	I. *Assise des schistes de Gedinne.*	
Psammites et schistes bigarrés de Fooz.	Schistes bigarrés d'Oignies et de Mondrepuits.	S. gédinien.
Arkose de Dave.	Arkose de Weismes.	
Poudingue d'Ombret.	Poudingue de Fépin.	

Ainsi les différents termes de la bande méridionale se retrouvent bien dans celle du nord. Seulement, tandis que la couleur rouge, dans la première des deux bandes, est concentrée à la base et au sommet, dans la seconde elle règne dans toute la hauteur.

M. Gosselet signale de plus une discordance marquée entre le poudingue gédinien et le terrain silurien sur lequel il repose.

— Les travaux de M. Gosselet n'ont pas eu seulement pour objet la partie inférieure du terrain dévonien franco-belge. Dans un important mémoire (2), l'auteur s'est occupé de la bande méridionale des calcaires dévoniens de l'Entre-Sambre-et-Meuse.

M. Gosselet est d'avis, contrairement à l'opinion de M. Kayser (3)

(1) *Bull. Soc. géol.* [3], I, 411.
(2) *Académie royale de Belgique* [2], XXXVII, n° 1.
(3) *Zeit. d. d. g. Ges.*, XXIII, 289.

que le dévonien moyen doit être réduit au calcaire de Givet et que la grauwacke à Spirifer cultrijugatus doit être laissée, avec les schistes rouges et les schistes à calcéoles, dans le dévonien inférieur.

L'assise des schistes à calcéoles est caractérisée par la présence d'un calcaire, depuis longtemps distingué par MM. d'Omalius d'Halloy et Dewalque sous le nom de calcaire de Couvin. M. Gosselet a suivi cette assise depuis Rocquigny et Fourmies jusqu'à Givet. Il a reconnu que le calcaire forme des lentilles très-variables en épaisseur et en étendue, et que parfois il se soude au calcaire de Givet sans intercalation de schistes; cependant il en demeure distinct au point de vue paléontologique. Entre Rocquigny et Couvin la bande calcaire est continue et occupe la base de l'étage. C'est entre Couvin et la Meuse que s'accuse le caractère lenticulaire du calcaire.

Dans le calcaire de Givet, M. Gosselet distingue trois niveaux : à la base, la zone à Spirifer subcuspidatus; au milieu, celle à Strigocephalus Burtini; au sommet, celle à Spirifer Verneuili. A ce calcaire se rapportent le *Glageon fleuri* et le marbre de Trélon.

Quant au dévonien supérieur, M. Gosselet y reconnaît trois assises : l'assise inférieure, formée par les *schistes et calcaires de Frasne*, est caractérisée, à sa base, par une assise où abondent de très-grosses espèces fossiles, telles que Spirifer Orbelianus. Le fossile caractéristique de tout l'étage est la Rhynchonella cuboïdes; les marbres bleus ou rouges veinés de vert y forment des lentilles très-irrégulières. Ainsi, à Frasne, la masse calcaire a 500 mètres d'épaisseur et elle disparaît tout à coup à peu de distance.

L'assise moyenne est celle des *schistes de Matagne*, caractérisés par le Cardium palmatum, accompagné par des Cypridines, des Goniatites et des Bactrites. Les nodules calcaires y sont fréquents.

Enfin l'assise supérieure, très-difficile à séparer de la précédente, est celle des *schistes de Famenne.*

M. Gosselet a joint à son travail une carte géologique au 80.000e où les parties directement observées sont distinguées de celles qui ont dû être coloriées par induction. Cette méthode, déjà appliquée par l'auteur dans son travail sur le bas Boulonnais (1), ne saurait être trop vivement recommandée.

Bassin de Westphalie. — M. E. Kayser (2) a continué ses im-

(1) *Revue de géologie*, XI, 108.
(2) *Zeit. d. d. g. G.*, XXIII.

portantes études sur le dévonien rhénan (1) par l'examen de la faune des hématites de Brilon. Ces hématites forment un gîte de contact entre le diabase et le calcaire dévonien, dont elles dérivent par transformation. L'auteur y a reconnu soixante espèces, qui caractérisent la partie supérieure de la zone à stringocéphales (dévonien moyen). Plusieurs espèces sont nouvelles, telles que Scoliostoma serpens, Pterinea Brilonensis, Rhynchonella Beyrichi.

M. Kayser a trouvé dans le dévonien un fucoïde, le Spirophyton Eifeliense ; quatre espèces du même genre ont été rencontrées par M. J. Hall dans l'Amérique du Nord. L'auteur incline à y rapporter aussi le Buthrotrepis radiata décrit par Ludwig dans le schiste ardoisier du Nassau.

M. Kayser (2) a également porté son attention sur le calcaire à rognons ou *Kramenzel* de l'Enkeberg et sur les schistes de Nehden, près de Brilon. Le calcaire à rognons appartient, par sa faune, au dévonien tout à fait supérieur ou à l'horizon des clyménies. Quant aux schistes de Nehden, au lieu de se relier, comme on l'avait cru, aux schistes de Büdesheim, ils sont plus voisins des calcaires de l'Enkeberg et appartiennent à la base de l'étage des clyménies.

M. Kayser attache une importance prépondérante aux céphalopodes pour fixer les divisions du dévonien supérieur. Il y reconnaît deux faunes principales, caractérisées, la première par les goniatites du type primordial, sans clyménies ; la seconde par les clyménies avec des goniatites d'un type nouveau et spécial. Il propose de donner à la division inférieure le nom d'étage du Goniatites intumescens, à la division supérieure celui d'étage à clyménies. Le premier correspondrait en gros au *Flinz* de M. de Dechen, le second au *Kramenzel*, avec cette restriction qu'il peut aussi y avoir des calcaires à rognons dans l'étage inférieur.

Ce qui caractérise surtout les schistes de Nehden, c'est l'abondance des cypridines (C. serrato-striata). En général l'horizon des cypridines est très-pauvre en fossiles. Il n'en est que plus remarquable de rencontrer à ce niveau, à Nehden, une riche faune de Goniatites, de Tentaculites, de Posidonies, de Cardioles, etc. Il se pourrait que l'étage de Nehden, où les goniatites primordiales ont déjà disparu, sans que les clyménies apparaissent encore, méritât de constituer une division moyenne du dévonien supérieur, intermédiaire entre l'étage à intumescens et l'étage à clyménies, et pour laquelle le nom d'étage des cypridines conviendrait très-bien.

(1) *Revue de géologie*, X, 109.
(2) *Zeit. d. d. g. G.*, XXV, 602.

— M. F. Maurer (1) a étudié à Giessen un gisement dévonien. C'est un grès jaune avec Phacops laciniatus, P. brevicauda, P. latifrons, Homalonotus obtusus, Goniatites compressus, Orthis Murchisoni, Chonetes sarcinulata, Pleurodictyum problematicum.

M. Maurer place ce grès au sommet de la formation du grès à spirifères, sur l'horizon des schistes à avicules, qui établissent le passage entre ce grès et les schistes à calcéoles.

TERRAIN CARBONIFÈRE.

Régions arctiques. — M. Heer (2), en examinant les échantillons rapportés du pôle nord par l'expédition suédoise de 1870, a reconnu la présence du terrain houiller à Robertelf, dans la baie de la Recherche. Ce terrain repose sur le calcaire carbonifère et est caractérisé par deux espèces de Cordaïtes, un Lepidodendron, des Sphenopteris, Sphenophyllum, Stigmaria, etc., et enfin un fruit de Rhabdocarpus.

Grande-Bretagne. — M. D. Jones (3) regarde le terrain houiller de la colline de Brown Clee comme ayant été originairement relié à celui de Coalbrookdale. La houille repose sur le millstone-grit et est elle-même recouverte, comme celle de Cornbrook, par une couche de trapp connue sous le nom de *jew stone* et qui a préservé ces deux petits bassins de la destruction. Seulement, tandis qu'à Cornbrook le millstono-grit a 100 mètres d'épaisseur, il n'en a guère que 15 ou 16 à Brown Clee et, dans ce dernier endroit, il existe 130 mètres de terrain houiller de moins qu'à Cornbrook. Ces 130 mètres doivent appartenir à la base de la série, car la couche de houille qui les recouvre à Cornbrook peut être identifiée avec la couche inférieure de Brown Clee. Le millstone-grit de cette localité repose sur le vieux grès rouge. Un peu plus loin, à Harcott, cette dernière formation supporte directement la houille sans aucun intermédiaire de grès. Ainsi les divers étages du terrain carbonifère ont nivelé des inégalités existant d'abord dans le terrain dévonien, ensuite dans le millstone-grit. Le terrain houiller lui-même a été plus ou moins dénudé avant le dépôt du système supérieur, précédé par l'épanchement du trapp de Cornbrook.

(1) *Neues Jahrb.*, 1874, 453.
(2) *Neues Jahrb.*, 1874, 279.
(3) *Geol. Mag.*, X, 348.

—D'après M. Goodchild (1), la base de la formation carbonifère, dans la partie orientale du bassin d'Eden, comprend de haut en bas :

1° Calcaire carbonifère avec quelques couches minces de grès rouge (au moins 300 mètres);

2° Grès rouges, tendres, à clivage oblique, avec plantes houillères, souvent à l'état de conglomérat, alternant avec des schistes fossilifères et des lits de calcaires (150 mètres);

3° Calcaire (150 à 200 mètres) passant vers le bas à l'étage suivant;

4° Schistes avec calcaire impur, se changeant peu à peu vers la base en conglomérats quartzeux verts et schistes gris et bruns. Ces derniers reposent, sans séparation visible, sur les conglomérats et les schistes rouges regardés comme du carbonifère inférieur, équivalents de l'old red sandstone de quelques autres localités.

—Un polyzoaire ramifié, d'un genre nouveau, a été découvert par M. Etheridge (2) dans les couches à Fenestella du calcaire carbonifère de Carluke. L'auteur propose de le nommer Carinella cellulifera.

FRANCE. *Coquilles marines dans le terrain houiller du Pas-de-Calais.* — MM. Gosselet et Barrois (3) ont découvert des coquilles marines dans le terrain houiller du Pas-de-Calais, à Auchy-au-Bois, à Lens et à Carvin (4).

M. Barrois cite les Cypridina concentrica, Orthoceras Goldfussi, Schizodus sulcatus, Arca Lacordairei, Arca elegans, Spirifer glaber, Productus semireticulatus, P. carbonarius, P. marginalis, Streptorhynchus crenistria.

A Auchy-au-Bois et à Lens, les fossiles sont situés dans les schistes qui forment la base du terrain houiller et qui correspondent à la zone bien connue des ampélites de Choquier. Mais à Carvin les fossiles marins sont intercalés dans le système de la houille exploitable.

Bassin de basse Normandie. — On doit à M. Vieillard (5) une étude descriptive du terrain houiller de basse Normandie, qui

(1) *Geol. Society*, 25 mars 1874.
(2) *Geol. Mag.*, X, 433.
(3) *Bull. Soc. géol.* [3], II, 223.
(4) Voir *Revue de géologie*, IV, 155; V, 168; VII, 174.
(5) *Terrain houiller de basse Normandie*, 1874.

comprend les deux concessions de Littry près de Caen et du Plessis, à 20 kilomètres de Littry vers l'ouest. L'auteur démontre, par une série de coupes et de sondages, que ces deux gisements font partie d'un seul et même bassin, aligné est-ouest, et déposé dans un pli des terrains anciens; ce bassin se referme à l'est, mais du côté opposé il reste ouvert et s'enfonce sous les terrains jurassiques du Cotentin.

Le bassin houiller de basse Normandie est recouvert en parfaite concordance par des grès rouges et des calcaires où Dalimier avait signalé des poissons permiens (Palæoniscus, Amblypterus). Il appartient donc certainement à la formation houillère supérieure, laquelle se relie partout au permien tandis qu'elle est séparée du terrain houiller inférieur par une discordance très-marquée (1).

Grauwacke houillère des Vosges. — M. Raboisson (2) a découvert à Rougemont, près de Belfort, au pied du Ballon d'Alsace, un gisement de grès schisteux contenant quelques-unes des plantes de la flore carbonifère de Thann et de Bourbach, Bornia radiata, Sagenaria Weltheimiana, Sphenopteris Schimperiana.

Calcaires à fusulines de la Carinthie. — M. Stache (3) annonce que les deux horizons de fusulines allongées qu'il a reconnus en Carinthie (4) sont supérieurs à la zone des fougères du terrain houiller des Alpes; l'équivalent du calcaire à fusulines de la Russie, qui correspond à la partie supérieure du calcaire carbonifère, n'a donc pas encore été constaté dans la région des Alpes.

Concrétions calcaires organisées dans la houille. — M. Carruthers (5) a étudié des concrétions calcaires recueillies dans une couche de houille à South-Ouram, près d'Halifax. Ces concrétions, en se formant, ont enfermé les matières végétales de la couche actuellement convertie en houille avant qu'elles eussent subi aucune altération. Des plaques minces de ces concrétions, soumises au microscope, ont permis d'apercevoir les fruits, feuilles, tiges, branches, racines et radicelles des plantes ordinaires de la période carbonifère (sigillaria, lepidodendron, calamites, fougères) exac-

---

(1) *Revue de géologie*, X, 113.
(2) *Bull. Soc. géol.* [3], II, 121
(3) *Verhandl. d. k. k. g. R.*, 1873, 291.
(4) *Revue de géologie*, XI, 110.
(5) *Revue géolog. suisse*, IV, 288.

tement dans la condition où se présentent les éléments végétaux dans les lits de tourbe de nos vallées actuelles.

Cette observation fournit un argument de plus pour établir que la houille ne résulte pas seulement de l'altération de matières végétales entassées ; chaque couche formait un sol sur lequel la végétation continuait à se développer.

Couches de passage entre le terrain houiller et le terrain permien. — L'étroite liaison qui vient d'être signalée, à propos du bassin de Littry, entre le terrain houiller supérieur et le terrain permien, est un fait général dont la *Revue de géologie* a déjà fait mention (1), et qui s'affirme de plus en plus dans les diverses régions du globe.

BOHÊME. — C'est ainsi que M. Feistmantel (2) est disposé à faire rentrer dans l'étage permien la partie supérieure du terrain houiller de Radovenz, de Pilsen et de Brandau. A Radovenz, la couche de houille du toit est séparée de la zone inférieure, franchement carbonifère, par une crête puissante d'arkose rouge qui est le gisement spécial des Araucarites. Par suite de l'analogie de cette arkose avec le grès rouge, l'auteur l'a placée dans le permien avec la houille qui la recouvre et où l'on ne trouve guère que des équisétacées et des fougères.

Au nord-ouest de Prague, la couche du toit est intimement liée au brandschiefer avec animaux permiens.

A Pilsen, le schiste connu sous le nom de schiste de Nürschan sert de base à la houille. Les plantes du gisement sont houillères ; mais les animaux sont ceux du permien inférieur.

La même chose s'observe à Brandau. En résumé, le fait dominant, c'est l'existence simultanée d'une flore carbonifère et d'une faune permienne ; la flore est dépourvue des types spéciaux au permien, tels que Calamites gigas, Walchia piniformis, Callipteris conferta.

M. Weiss croit que cet étage représente l'assise qu'il a désignée dans le bassin de Saarbrück sous le nom de couches de Cusel.

AMÉRIQUE DU NORD. — M. Dawson (3) a signalé un fait du même ordre dans la Nouvelle-Écosse et à l'île du Prince-Édouard.

---

(1) *Revue de géologie*, VII, 179 ; VIII, 91.
(2) *Neues Jahrb.*, 1874, 406. — *Jahrb. d. k. k. g. R.*, XXIII, 249.
(3) *Geol. Society*, 25 mars 1874.

Il y a là, au sommet de l'étage carbonifère, une série de schistes et de grès rouges, avec 47 espèces de plantes, dont 37 environ se retrouvent dans le terrain bouiller moyen. La flore a des analogies assez étroites avec celle du permien d'Europe; cependant la série est concordante avec le terrain houiller.

TERRAIN PERMIEN.

IRLANDE. — Jusqu'ici l'étage permien n'avait paru représenté en Irlande que par le zechstein. D'après M. Ed. Hull (1), il existe à Armagh, sur la surface dénudée du calcaire carbonifère, une brèche composée de cailloux calcaires dans une pâte sableuse rougeâtre. Sur cette brèche se trouve un conglomérat grossièrement stratifié avec galets de grès, de quartz et de calcaire, tantôt roulés, tantôt à angles émoussés, provenant du silurien et du vieux grès rouge. Enfin, dans la ville d'Armagh, le nouveau grès rouge triasique a été rencontré par des forages au-dessus des conglomérats qui, pour l'auteur, représentent le grès rouge permien, et sont discordants aussi bien avec le trias qu'avec le carbonifère.

La brèche et le conglomérat seraient identiques avec le *brockram* du Cumberland ainsi qu'avec les brèches du Worcestershire et du Shropshire.

M. Hull croit que la glace seule a pu transporter les blocs renfermés dans les conglomérats.

BUDWEIS. — M. Rodolphe Helmhacker (2) a étudié les plantes fossiles qu'on trouve dans le bassin *permien* des environs de Budweis.

Calamites infractus, Gutb. — Asterophyllites equisetiformis, Schloth. — Asterophyllites spicatus, Gutb. — Annularia longifolia, Brongn. — Sphenopteris sagenopteroides, Stur. — Sphenopteris erosa, Morris. — Neuropteris cordata, Göpp. (nec Brongn.). — Neuropteris Loshi, Brongn. — Odontopteris obtusa, Brongn. — Odontopteris acuta, Stur. — Alethopteris conferta, Sternb. sp. — Alethopteris pinnatifida, Gutb. — Cyatheites arborescens, Schloth. sp. — Taeniopteris fallax, Göpp. — Taeniopteris multinervia, Weiss. — Taeniopteris sp. — Noeggerathia platynervia, Göpp. — Noegherathia Ludwigiana, Gein. — Noeggerathia palmaeformis, Göpp. — Zamites? sp. — Cordaites principalis, Germ. — Cardio-

(1) *Geol. Society*, 30 avril 1873.
(2) *Berg-und Hüttenmännisches Jahrbuch*, XXII, 1874.

carpon emarginatum, Göpp. — Jordania moravica, Aut. — Stigmaria ficoides, Sternb. — Walchia piniformis, Schloth. sp. — Ullmannia longifolia, Gein.

Ces plantes de Budweis se retrouvent dans diverses localités de Bohême et de Moravie et aussi près de Saarbrück : elles caractérisent notamment les couches les plus inférieures du terrain permien qui sont superposées au terrain houiller de Oslavan-Rosic en Moravie.

TERRAINS MÉSOZOÏQUES.

TERRAIN TRIASIQUE.

Lorraine. — M. Nies (1) a publié, sur le trias de la Lorraine, une note qui confirme entièrement les idées antérieurement émises par M. Levallois (2) sur le parallélisme du keuper de la Lorraine et de celui de la Souabe. L'auteur reconnaît que l'*horizon* dit *de Beaumont* ne représente nullement la dolomie limite du Wurtemberg, mais bien les couches de Lehrberg de M. Guembel et que le grès qui, en Lorraine, est inférieur à cet horizon, est identique avec le schilfsandstein franconien. Par suite, les gîtes de sel gemme de Dieuze et de Vic appartiennent bien aux marnes gypseuses du keuper proprement dit, et non au groupe du lettenkohle, comme on avait pu le croire sur l'autorité d'Alberti.

Hérault. — M. de Rouville (3) a signalé, aux environs de Lodève, une discordance entre le trias et le permien. D'une part, le grès bigarré repose en couches horizontales sur les schistes rouges inclinés du permien et, d'autre part, les assises du grès bigarré recouvrent indifféremment, soit les schistes rouges, soit les schistes ardoisiers permiens, soit enfin les calcaires et les schistes de transition.

Tarentaise. — M. Lory (4) a établi, par des coupes prises dans les vallées de la Tarentaise, que les schistes lustrés du Queyras, de Bardonnèche et du mont Cenis sont inférieurs à la zone à avi-

(1) *Die angebliche Anhydritgruppe im Kohlenkeuper Lothringens.*
(2) *Bull. Soc. géol.* [2], XXIV. — *Revue de géologie*, VII, 181.
(3) *Bull. Soc. géol.* [3], I, 250.
(4) *Bull. Soc. géol.* [3], I, 266.

cula contorta, mais supérieurs aux quartzites; avec ces derniers et les calcaires magnésiens, ils constituent un étage intermédiaire entre le terrain à anthracite et le rhétien : ce terrain est, pour M. Lory, un faciès alpin du trias des Alpes occidentales. La serpentine et l'euphotide y sont fréquentes, et cette association avec des roches magnésiennes concorde bien avec ce que l'on observe dans d'autres régions triasiques. Ainsi M. Lory rajeunit considérablement ces schistes, que M. Gastaldi considérait comme antésiluriens (1).

BASSES-ALPES. — Les conclusions de M. Lory paraissent confirmées par une observation de M. Garnier (2) qui a signalé, aux environs de Barles (Basses-Alpes), un passage complet entre le calcaire dolomitique des marnes irisées et un schiste verdâtre, lustré, calcaréo-talqueux, tout à fait semblable à celui du Queyras.

GRAND DUCHÉ DE BADE. — M. Platz (3) a signalé une couche à fossiles marins dans le grès bigarré de Bade ; cette couche, formée par un grès friable, jaunâtre, à ciment dolomitique, contient des empreintes nettes de Terebratula vulgaris, Myophoria vulgaris, Lima striata, Gervillia socialis; elle doit donc, malgré sa nature sableuse, être séparée des formations d'eau douce qu'elle recouvre et réunie au muschelkalk dont elle renferme déjà la faune.

FORÊT-NOIRE. — M. Schalch (4) a donné une coupe détaillée du trias dans la partie sud-est de la Forêt-Noire. La grande précision de cette coupe nous détermine à la reproduire ici :

IV. KEUPER.

B. *Étage supérieur.*

6. Marnes bariolées (9 mètres).
5. Grès dit Stubensandstein (1^m,60 à 2^m,50).
4. Marnes bariolées (3 mètres à 6^m,41).
3. Calcaire dolomitique (couches de Gansingen, 0^m,45 à 7^m,70).
2. Marnes bariolées (1^m,50 à 6^m,94).
1. Grès à roseaux, Schilfsandstein, (3 mètres à 11^m,10).

A. *Étage inférieur.*

Groupe du Gypse keupérien (25 à 40 mètres).

III. LETTENKOHLE.

3. Dolomie limite (1 mètre à 2^m,25).

(1) *Revue de géologie*, X, 104.
(2) *Bull. Soc. géol.* [2], XXIX, 624.
(3) *Neues Jahrb.*, 1873, 533.
(4) *Neues Jahrb.*, 1873, 552.

2. Grès du Lettenkohle et couches à Estheria (3m,91 à 5m,87).
1. Dolomie inférieure avec Bone-bed.

II. MUSCHELKALK.

5. Dolomie supérieure (9 mètres).
4. Calcaire en plaquettes supérieur (7 mètres).
3. Rogenstein (3m,60 à 7m,25).
2. Calcaire en plaquettes sans encrines (16 à 19 mètres).
1. Calcaire à encrines.

Groupe de l'anhydrite (44 à 60 mètres).

Groupe du Wellenkalk.

7. Marnes bitumineuses. Couches à Myophoria orbicularis (10 mèt.)
6. Calcaire (8m,25).
5. Banc à spiriferina (0m,07 à 0m,11).
4. Calcaire (7m,50 à 10 mètres).
3. Couches à Ceratites Buchii (14m,50).
2. Banc à galène ou à dentales (0m,25).
1. Dolomie (5 mètres).

I. GRÈS BIGARRÉ.

2. Röth (7 à 10 mètres).
1. Grès des Vosges (7 à 20 mètres).

FRANCONIE. — Jusqu'à présent la Terebratula vulgaris n'avait été rencontrée que dans le muschelkalk ; tout au plus l'avait-on observée au voisinage du Lettenkolhe, dans le calcaire à Trigonodus.

M. Zelger (1) a trouvé ce fossile dans une couche calcaire intercalée au milieu des marnes irisées gypsifères à Corbula keuperina. Cette découverte a été faite en Franconie, à Effeldorf, sur le chemin de Würzburg à Kitzingen.

— D'après MM. Hilger et Nies (2), les argiles du *röth*, à la base du grès bigarré de la basse Franconie, sont par excellence, aux environs de Würzburg, le terrain propre à la culture de la vigne. Quand les vignes sont situées sur le muschelkalk, on emploie le röth comme amendement. Cette propriété tient à la teneur notable de ces argiles en acide phosphorique et en potasse. L'auteur attribue cette composition au fait que les argiles du röth se seraient formées aux dépens de roches cristallines riches en apatite et en feldspath.

---

(1) *Neues Jahrb.*, 1873, 2?2.
(2) *Neues Jahrb.*, 1874, 324.

Alpes orientales. — M. de Mojsisovics (1) distingue dans le trias du Vorarlberg les divisions suivantes :

Couches rhétiques;
Grande dolomie;
Gypse et Cargneule;
Calcaire de l'Arlberg (dolomie de Partnach);
Couches de Partnach;
Muschelkalk (calcaire de Virgloria).

Le trias, après s'être étendu suivant une direction est-ouest, le long des Alpes depuis Vienne, prend brusquement, dans le Vorarlberg, une direction nord-sud. Cette zone, limitée par le Rhin, marque la limite occidentale de la mer triasique.

On doit également à M. de Mojsisovics (2) la description d'une partie de la faune triasique de Hallstatt, comprenant les genres de céphalopodes suivantes : Orthoceras, Nautilus, Lytoceras, Phylloceras, Pinacoceras, Sageceras, Arcestes.

Alpes méridionales. — M. Loretz (3) a observé dans le Tyrol méridional, près de Niederdorf et de Sexten, sur le niveau du muschelkalk alpin, des couches calcaires, parfois avec silex corné, contenant, outre la Terebratula angusta, plusieurs espèces d'ammonites, ainsi que des dolomies et des marnes dolomitiques pétries de foraminifères appartenant au genre Gyroporella (Nullipora).

Ces dolomies seraient l'équivalent de l'assise décrite par M. de Richthofen sous le nom de dolomie de Mendola. Les calcaires à brachiopodes et les dolomies à Gyroporella ne devraient d'ailleurs être considérées que comme deux faciès différents d'un même étage ; car on ne les observe jamais ensemble, et il semble probable que ce sont deux assises synchroniques.

La dolomie du Schlern s'observe dans le même district. On y peut reconnaître des traces assez distinctes de stratification, ainsi que des cavités primitivement remplies par des fossiles dont les formes paraissent voisines du genre Chemnitzia.

Au-dessus vient, près de Cortina, l'étage que M. Loretz appelle *couches du plateau du Schlern*. Ce sont d'abord des dolomies, des calcaires, des marnes et des grès avec Megalodon et Halobia, puis une dolomie avec cargneules, enfin des marnes de couleur avec Megalodon, se reliant peu à peu à la dolomie principale qui les recouvre.

(1) *Jahrb. d. k. k. g. R.*, 1873, XXIII, 137. — *Revue géol. suisse*, IV, 291.
(2) *Abhandl. der k. k. g. R.*, 1873, VI. — *Revue géol. suisse*, IV, 294.
(3) *Neues Jahrb.*, 1873, 271, 337, 612.

— M. Guembel (1) a donné un parallélisme du trias alpin avec celui de la Souabe et de la Franconie. La concordance des assises est résumée dans le tableau suivant :

Muschelkalk	supérieur		1. Couches à Halobia Lommeli.
	inférieur	supérieur	2. Dolomies. Retzia trigonella, Ammonites Studeri (calcaire de Virgloria et dolomie de Mendola.
		inférieur	3. Schistes bigarrés et dolomie : (a) dolomie, (b) schistes à Naticella costata, (c) schistes à Posidonia Claraï, (d) schistes à Pecten discites et Ostrea ostracina.
Grès bigarré	supérieur (Röth)		4. Schistes et dolomie à Myophoria costata.
	inférieur		5. Grès bigarré alpin proprement dit (à la base, grès de Groeden).
			6. Arkose, conglomérat, brèche.

D'après M. Guembel, le grès de Groeden est tout à fait distinct du porphyre de Botzen auquel il a simplement emprunté ses éléments; ce dernier appartiendrait à la série porphyrique de l'Allemagne centrale.

Comme M. Loretz, M. Guembel admet que la dolomie à Gyroporella correspond au muschelkalk et représente la dolomie de Mendola : mais il regarde la dolomie dite du Schlern comme constituant identiquement la même assise; de plus, cette dolomie étant stratifiée et très-pauvre en restes de polypiers, il conteste qu'elle ait pu devoir son origine à un atoll ou récif corallien, comme l'avait suggéré M. de Richthofen.

Étage rhétien.

ALPES FRIBOURGEOISES. — M. Gilliéron (2) a distingué, dans l'étage rhétien des Alpes de Fribourg, deux subdivisions. L'inférieure calcaire, marneuse et schisteuse, contient les Avicula contorta, Lima exaltata, Plicatula intusstriata, Ostrea Haidingeri, Ostrea sublamellosa, Terebratula gregaria. La supérieure, formée de calcaire compacte et de calcaire à silex, est également assez riche en fossiles.

TERRAIN JURASSIQUE.

Lias.

LOZÈRE. — M. G. Fabre (3) a reconnu, dans la Lozère, l'indé-

(1) *Neues Jahrbuch*, 1874 ; 94.
(2) *Revue de géologie suisse*, IV, 295.
(3) *Revue des sciences naturelles.*

pendance de l'étage des schistes à posidonies. Déjà M. de Malafosse (1) les avait distingués aux environs de Marvejols sous le nom de zone à Ammonites serpentinus. Les schistes sont bitumineux, et prennent à l'air un aspect mat qui les a fait désigner du nom de schistes carton. Leur épaisseur va en diminuant du sud-ouest au nord-est depuis 13^m,53 jusqu'à 1^m,90.

On y peut distinguer, de haut en bas, cinq zones : 1° schistes à Belemnites tripartitus et Inocérames ; 2° schiste et calcaire à Ammonites serpentinus et Bel. gracilis ; 3° calcaire à poissons (Ptychodus, Leptolepis, Cephanopleurus, Lepidotus) ; 4° feuillet a Posidonia Bronni ; 5° couche de passage à Monotis substriata.

BASSES-ALPES. — D'après M. Garnier (2), le lias inférieur n'est représenté aux environs de Castellane que par une dizaine de mètres de schistes sans fossiles.

Quant au lias moyen, non-seulement les couches inférieures aux calcaires à Ostrea cymbium font défaut, mais il devient impossible de distinguer ces derniers des marnes à Ammonites margaritatus. On n'a plus qu'une masse uniforme de calcaires sans fossiles, ayant 100 mètres d'épaisseur.

ALPES AUTRICHIENNES. — M. de Hauer (3) a donné le tableau suivant des formations liasiques dans les Alpes autrichiennes :

		OSTERHORN.	VORALPEN.	ALPES MÉRIDIONALES.
Lias	supérieur.	Marnes tachetées.	Marnes tachetées.	Calcaire rouge ammonitifère de Erba, Entratico. Couches à végétaux de Rotzo.
	moyen. . .	Zone de l'Amm. margaritatus ; couches d'Adneth.	Couches de Hierlatz.	Medolo.
	inférieur. .	Zone du Pentacr. tuberculatus. Zone de l'Amm. Bucklandi (couches d'Enzesfeld). Zone de l'Amm. angulatus. Zone de l'Amm. planorbis.	Couches de Gresten.	Lias de Saltrio.

(1) *Bull. Soc. hist. nat.* de Toulouse.
(2) *Bull. Soc. géol.* [2], XXIX, 732.
(3) *Geol. Uebersichtskarte der OEster. mon.*, feuille XII.

Étage oolithique inférieur.

YORKSHIRE. — M. Hudleston (1) a étudié l'étage oolithique inférieur dans le Yorkshire.

Au sommet se trouve le corn-brash, avec Ammonites Herveyi et brachiopodes très-abondants.

Par-dessous viennent 50 mètres de schistes et de grès peu fossilifères, recouvrant le calcaire de Scarborough, épais de 15 mètres au plus, avec Belemnites giganteus, Ammonites Blagdeni, Trigonia costata. Ce calcaire repose lui-même sur 30 mètres de grès.

On observe au-dessous la couche à Millepora, reposant sur 100 mètres de sables et de schistes avec Ceromya bajociana, Modiola imbricata, Pinna cuneata, Pholadomya Lehmanni, Pygaster semisulcatus.

Enfin à la base vient le Dogger avec le grès qui lui est subordonné; c'est une oolithe sableuse transformée en carbonate et en oxyde de fer et constituant le principal minerai du Yorkshire. Cette assise repose sur le lias supérieur, tantôt directement, tantôt par l'intermédiaire de 20 mètres de couches à striatulus.

DORSET ET SOMERSET. — M. Buckman (2) range à la base de l'oolithe inférieure les sables oolithiques du comté de Dorset et d'une partie du Somerset, les mêmes que M. Phillips (3) a nommés sables de Midford et que plusieurs auteurs ont rangés dans le lias. Ces sables sont surmontés par une couche très-riche en céphalopodes que l'auteur croit tout à fait distincte du lit à céphalopodes de Gloucester, lequel formerait l'assise la plus inférieure de la série oolithique.

SUISSE. — M. Baltzer (4) distingue les subdivisions suivantes dans l'étage oolithique inférieur du Glärnisch :

1. Oolithe de Blegi, très-fossilifère (callovien et zone de l'Amm. Parkinsoni).
2. Brèche à échinodermes (zone de l'Amm. Humphriesianus).
3. Zone de l'Amm. Murchisonæ { oolithe ferrugineuse. grès.
4. Argile à Ammonites opalinus.

---

(1) *Geologists assoc. — Geol Mag.*, 1874, 91.
(2) *Geol. Society*, 11 juin 1873.
(3) *Revue de géologie*, XI, 119.
(4) *Der Glärnisch. — Revue géol. suisse*, IV, 296.

Étage oolithique supérieur.

Nous avons à enregistrer cette année un très-grand nombre de travaux relatifs à l'étage supérieur du système oolithique. La plupart de ces travaux ayant été entrepris en vue d'élucider la question de la limite supérieure du terrain jurassique, nous les réunirons, comme les années précédentes (1), dans un chapitre spécial. Mais auparavant nous placerons le compte rendu des études descriptives qui ont été faites en dehors de cette préoccupation.

Angleterre.— *Exploration subwealdienne.* — Au premier rang vient se placer l'importante exploration entreprise par les géologues anglais pour connaître le sous-sol de la région wealdienne (2).

Le 28 mars 1874, le sondage avait atteint la profondeur de 202^m,30, dont voici le détail :

	mètres.		mètres.
Schiste	5,20	Gypse impur	2,45
Calcaire bleu	0.61	Gypse pur	0,92
Schiste	1,53	Gypse impur, foncé	3,95
Calcaire bleu	0,61	Schiste bleu	0,92
Schiste	1,22	Gypse en nodules et en veines	4,05
Calcaire	0,30	Marne gypseuse	2,45
Schiste	1,22	Marne noire pyriteuse	0,30
Calcaire	0,92	Sable vert à nodules de chert	6,40
Schiste	1,22	Sable vert à nodules de chert	11,60
Calcaire	1,22	Veines de calcite	0,61
Schiste bleu	4,88	Schiste noir dur, pyriteux	3,65
Schiste gris	0,92	Schiste noir tendre, pyriteux	2,14
Schiste dur	4,30	Schiste dur avec chert	3,65
Schiste à cristaux de calcite	2,90	Schiste noir	0,61
Schiste gris	0,30	Schiste noir très-pyriteux	3,65
Schiste verdâtre avec veines de gypse	6,10	Schiste pâle avec veines de gypse	1,22
Gypse impur	2,75	Schiste noir	0,61
Gypse pur	1,22	Schistes gris kimméridiens, très-fossilifères	116,00

D'après M. Peyton, le 55 premiers mètres appartiennent au Purbeck et les 34 mètres suivants au portlandien. C'est la présence du gypse qui a déterminé cette assimilation, car on n'a jamais trouvé ce minéral dans le wealdien. Depuis que le sondage a fait connaître son existence dans la région, plusieurs exploitations souterraines y ont été commencées. Ainsi ce travail, entrepris dans un but scientifique, a déjà produit un résultat industriel de quelque valeur.

L'examen détaillé des couches a été fait par M. Topley à partir du sommet du kimméridien, à 115 mètres de profondeur. On a

(1) *Revue de géologie*, X, 125 ; XI, 125.
(2) *Geol. Mag.*, 1874, 261.

trouvé d'abord des couches à Discina latissima et Lingula ovalis; or cette dernière coquille, caractéristique du même étage près d'Oxford et de Cambridge, avait déjà été signalée par M. Peyton (1) dans les falaises de Boulogne-sur-Mer. L'argile kimméridienne subwealdienne est d'un gris ou noir foncé, assez sableuse et calcaire. Entre 184 et 185 mètres on rencontre une couche calcaire, dure, très-chargée de pétrole. Cette substance, répandue dans tout l'étage, abonde surtout aux profondeurs de 184, 185, 189, 190 et 199 mètres. Les parties les plus riches en huile minérale sont aussi les moins fossilifères.

L'Ammonites biplex se trouve partout en abondance; le genre Trigonia est très-rare, mais on trouve fréquemment les Cardium, Modiola, Pecten. L'Ostrea virgula fait défaut, d'où l'on croit pouvoir inférer qu'il reste encore une certaine hauteur de kimméridien à percer, car dans le Boulonnais, l'Ostrea virgula existe surtout à la base de l'étage.

Bas-Boulonnais et Normandie. — M. H. E. Sauvage (2) a décrit deux tortues provenant du terrain jurassique supérieur de Boulogne-sur-Mer : ce sont les Plesiochelys (Emys) Beaugrandi, appartenant au kimméridien moyen à Ammonites longispinus et P. Dutertrei, du kimméridien supérieur.

Le même terrain a fourni, au Havre, à M. Lennier, le P. Dollfussi.

On a également trouvé, dans les couches kimméridiennes de Boulogne, des ossements qui paraissent appartenir à un ptérodactyle.

— M. Lennier (3) a reconnu, sur les bords de la Seine, à Villequier, l'étage kimméridien à Ostrea virgula, dont le sommet atteint une altitude de 49 mètres au-dessus du niveau de la mer. Ce relèvement est dû à une faille qui s'étend de Rançon à Notre-Dame-de-Gravenchon pour se diriger ensuite vers Lillebonne et Fécamp. Il est ainsi très-probable que Villequier offre l'horizon géologique le plus inférieur sur la rive droite de la basse Seine.

— D'après M. Lécureur (4), un sondage récemment entrepris à Honfleur n'a rencontré, sous le kimméridien, que des argiles sans roches dures. Le même fait avait été autrefois constaté au Havre.

(1) *Geol. Mag.*, X, 574.
(2) *Bull. Soc. géol.* [3], I, 365.
(3) *Bull. de la Soc. géol de Normandie*, I, 197.
(4) *Bull. de la Soc. géol. de Normandie*, I, 201.

Ainsi l'oxfordien et le corallien changent de nature en profondeur et ne deviennent durs que par l'exposition à l'air dans les falaises.

Bugey. — D'après MM. Falsan et Dumortier (1), les couches à Zamites Feneonis du Bugey, contenant les poissons étudiés par Thiollière (et dont la publication s'achève actuellement par les soins de M. Gervais), appartiennent, non pas au corallien comme le croyait ce savant, mais au kimméridien : elles reposent en effet, à Armailles et Orbagnoux, sur les couches à Ostrea virgula, et elles sont surmontées par le portlandien à nérinées.

Tarn-et-Garonne. — M. Péron (2) a indiqué la présence de l'étage séquanien dans le Tarn-et-Garonne, à Septfonds, où il est formé par un calcaire dur, compacte, contenant les fossiles d'Angoulins et de Tonnerre, Ceromya excentrica, Ostrea solitaria, Terebratula subsella, Rhynchonella inconstans, Cidaris cervicalis, Pygurus Blumenbachi, etc.

Suisse. — M. Rütimeyer (3) a décrit les tortues des étages kimméridien et portlandien en Suisse et dans les contrées adjacentes. A Soleure seulement, il en existe quatorze espèces appartenant toutes à la subdivision des tortues d'eau douce.

Limite supérieure du terrain jurassique.

On se rappelle (4) que les géologues de l'École allemande se sont attachés depuis plusieurs années à prouver qu'il existe une transition continue entre les terrains jurassiques et les dépôts crétacés. Après avoir fait de cette zone de passage un étage distinct sous le nom d'étage *tithonique*, ils ont été conduits à y établir plusieurs sous-étages, dont le plus inférieur reposerait sur le kimméridien. C'est ainsi que M. Neumayr (5), dans un travail récent sur la zone de l'Ammonites acanthicus, admet que le tithonique supérieur comprend les calcaires de Stramberg et les couches à Terebratula janitor du sud de la France, immédiatement inférieures au néocomien de Berrias à Terebratula diphyoïdes, tandis que le tithonique inférieur, équivalent des couches de So-

(1) *Bull. Soc. géol.* [3], I, 170.
(2) *Bull. Soc. géol.* [3], II, 98.
(3) *Revue géol. suisse*, IV, 299.
(4) Voir les précédents volumes de la *Revue de géologie*.
(5) *Abhandlungen der k, k. geolog. Reichsanstalt*, V, 1873.

lenhofen, serait représenté, tantôt par des calcaires à céphalopodes (Rogoznik, Alpes méridionales), tantôt par des calcaires coralliens (Innwald, le Salève, couches à Terebratula moravica). Au-dessous de cet ensemble viendraient le kimméridien supérieur, représenté par les dolomies à Rhynchonella Astieriana, et le kimméridien inférieur, ou zone des Amm. tenuilobatus et A. polyplocus.

Or c'est sur cette zone de l'Amm. tenuilobatus que porte surtout la controverse, un grand nombre de géologues français la considérant comme oxfordienne ou tout au plus argovienne, tandis que les Allemands n'admettent pas qu'elle descende plus bas que l'astartien. M. Zittel, continuateur d'Opel comme M. Neumayr, avait publié un grand travail sur les gastéropodes de Stramberg, afin de prouver par leur examen ce mélange de la faune jurassique et de la faune crétacée qui doit caractériser l'étage tithonique. M. Hébert (1) a discuté ses conclusions à la suite d'un voyage entrepris dans ces contrées. Après avoir établi que les gastéropodes de Stramberg, cités par M. Zittel, sont ceux qu'on trouve partout ailleurs dans les couches à Ter. moravica, il remarque que ces derniers calcaires, dans la Suisse orientale, supportent les calcaires à Ter. diphya, dont ils se séparent aisément et que, de même, à Stramberg, il y a deux faunes également bien distinctes, quoique l'observation y soit beaucoup plus difficile.

Sans se prononcer absolument sur l'âge des calcaires à Ter. moravica, M. Hébert affirme que les couches à Amm. tenuilobatus et polyplocus sont inférieures à tout le corallien du Bugey, et que le corallien alpin à Diceras Luci a plus de rapports avec le coralrag du nord qu'avec toute autre assise, tandis qu'il est sans relations avec les calcaires à Ter. diphya, dont il est séparé par 100 mètres de schistes à aptychus, également signalés à ce niveau dans l'Ardèche par M. Vélain (2).

Ainsi, M. Dieulafait (3) a indiqué dans le jurassique de l'Ain la présence de la zone à Amm. polyplocus bien au-dessous des assises à Cidaris florigemma et il a reconnu, dans la même région, l'identité de la zone à Ter. moravica avec le calcaire de l'Échaillon, au-dessous de l'horizon du calcaire à astartes. A Évosges, il y a 50 mètres entre la zone à Amm. tenuilobatus et le corallien à diceras (4), et ce dernier est recouvert, dans le Jura central, par

(1) *Bull. Soc. géol.* [3], II, 148.
(2) *Bull. Soc. géol.* [3], II, 162.
(3) *Bull. Soc. géol.* [3], I, 61.
(4) *Bull. Soc géol.* [3], I, 279.

un ensemble de calcaires, que M. Dieulafait regarde comme contemporains du calcaire à astartes, car ils sont surmontés par le ptérocérien à Pterocera Oceani, d'où l'auteur conclut que la zone à Amm. tenuilobatus est oxfordienne ou corallienne inférieure, et que les calcaires à Ter. moravica, loin d'être supérieurs au kimméridien, ne sont pas plus récents que le séquanien.

De leur côté, MM. Falsan et Dumortier (1) ont reconnu que, dans le Bugey, les couches à Ostrea virgula reposent sur le corallien, se divisant, du haut en bas, en calcaire à nérinées et Diceras Luci, calcaire à Polypiers et calcaire à chailles. Cet ensemble repose à son tour sur des calcaires marneux et des calcaires blanchâtres à Ammonites polyplocus, supportés par l'oxfordien à Amm. bispinosus, A. Lamberti, Rhynchonella lacunosa, etc. Donc, dans cette région, la zone à Amm. polyplocus ou A. tenuilobatus est bien intercalée entre l'oxfordien et le corallien.

Enfin, à Barrême, M. Vélain (2) a recueilli la Ter. janitor dans les calcaires à Scaphites Yvani, et il a constaté que, au col de Chaudon et dans toute la chaîne des Dourbes, les assises crétacées à Amm. semisulcatus et Ter. janitor reposent en stratification *concordante* sur l'oxfordien, malgré l'absence des étages jurassiques supérieurs, tandis qu'à Rougon, comme l'indique M. Dieulafait (3), on voit se développer entre les deux systèmes une masse puissante de calcaires coralligènes à Terebratula moravica et Diceras Luci, reposant sur la zone à Amm. polyplocus.

Les choses ne paraissent pas se passer d'une manière différente dans le nord de la France, car M. Tombeck (4) admet que le passage de l'oxfordien à Amm. Lamberti au corallien, dans la Haute-Marne, se fait par un ensemble de quatre assises qui sont, de haut en bas :

1° Zone à Amm. hispidus.
2° Zone à Amm. Babeanus.
3° Zone à Amm. Martelli.
4° Zone à Amm. cordatus.

Or la zone à Amm. Martelli a fourni les Dysaster granulosus, Amm. transversarius, A. arolicus, c'est-à-dire les fossiles du *spongitien* de Birmensdorf. C'est aussi à cette zone qu'appartient l'Amm. polyplocus. Donc ce fossile serait séparé du kimméridien et de l'astartien par l'épaisseur du corallien. Il est vrai que, pour

(1) *Bull. Soc. géol.* [3], I, 170.
(2) *Bull. Soc. géol.* [2], XXIX, 677.
(3) *Bull. Soc. géol.* [2], XXIX, 685.
(4) *Bull. Soc. géol.* [3], I, 335; II, 14.

M. Tombeck, le corallien n'est qu'un faciès de l'étage séquanien. De plus, tandis que plusieurs géologues placent les Amm. Marantianus et A. bimammatus dans l'argovien ou oxfordien supérieur, M. Tombeck les range au-dessus de l'Amm. hispidus et déclare les avoir observés au-dessus de l'oolithe à diceras et des calcaires à hemicidaris. Enfin M. Tombeck annonce avoir recueilli dans l'oolithe de la Motte (1), immédiatement inférieure au calcaire à astartes, divers fossiles du corallien de Valfin.

Quant aux environs de Montpellier, M. Bleicher (2) y a reconnu le corallien proprement dit à nérinées, à dicérates et à Ter. moravica, reposant sur l'oxfordien calcaire avec fossiles de Birmensdorf.

— M. Zittel (3) s'était beaucoup appuyé sur la coupe observée à Oberbuchsiten en Suisse par M. Moesch. M. Hébert (4) a développé les raisons qui lui font regarder cette coupe comme peu concluante. Il rappelle que M. Jaccard continue à mettre l'argovien, c'est-à-dire la couche à Ammonites polyplocus, dans l'oxfordien supérieur, où l'avait placé M. Marcou. Il persiste donc à regarder les calcaires à A. polyplocus et A. Achilles comme séparés de l'étage kimméridien, d'abord par tout ou partie de l'étage corallien, ensuite par le sous-étage astartien ou séquanien.

— Il serait prématuré de hasarder une conclusion définitive sur un débat où les opinions contraires sont encore aussi vivement soutenues ; toutefois il sera permis de remarquer qu'il y aurait beaucoup à gagner à mieux connaître la faune des assises coralligènes à oursins, qui se présentent à divers niveaux dans le jurassique supérieur. Bien des fois, en effet, il a suffi de trouver des cidaris et des glypticus pour affirmer la présence du coral-rag proprement dit, et il n'est nullement démontré que ces fossiles, avec des variations plus ou moins sensibles dans leur forme, ne se répètent pas dans des horizons différents.

TERRAIN CRÉTACÉ INFÉRIEUR.

Formation wealdienne d'Angleterre et d'Allemagne. — On sait que pendant longtemps les Anglais ont considéré la formation

(1) *Bull. Soc. géol.* [3], II, 251.
(2) *Bull. Soc. géol.* [2], XXIX, 660.
(3) *Revue de géologie*, X, 129.
(4) *Bull. Soc. géol.* [3], I, 67.

wealdienne comme un étage d'eau douce spécial intermédiaire entre le terrain jurassique et le terrain crétacé. Mais depuis quelques années on a commencé à bien reconnaître l'étroite liaison qui unit le wealdien au néocomien. M. de Rance (1) rappelle qu'à Punfield Core, les couches immédiatement supérieures au wealdien contiennent une faune fluvio-marine dont les éléments marins sont néocomiens, tandis que ceux d'eau douce sont wealdiens. De même, dans les couches fluvio-marines de Purbeck, les termes marins sont jurassiques et ceux d'eau douce wealdiens. La formation dite de Punfield (2) présente les affinités les plus étroites avec les couches à lignite d'Utrillas en Espagne. En résumé, aucune interruption de dépôts n'existant dans le wealdien d'Angleterre, il est nécessaire de considérer cet ensemble comme formant une transition continue entre le terrain jurassique et le néocomien supérieur.

M. Sandberger (3) est arrivé à une conclusion identique pour le wealdien du nord de l'Allemagne. Remarquant que, dans le Jura suisse, le Purbeck est recouvert, en stratification concordante, par le Valenginien, avec absence des sables de Hastings et de l'argile de Weald, tandis que, dans le nord de l'Allemagne, ces deux dernières assises sont recouvertes par le néocomien moyen, il en déduit qu'elles ne peuvent représenter qu'un faciès d'eau douce du terrain crétacé inférieur.

Cette vérité est surtout facile à reconnaître en France, où le pays de Bray établit une liaison intime entre la série principalement marine de la Haute-Marne et celle d'eau douce de l'Angleterre, à l'aide d'un faciès intermédiaire, celui du Bray, où les termes d'eau douce se développent d'autant plus qu'on s'approche davantage du nord-ouest.

Bas Boulonnais. — M. Barrois (4) a reconnu à Wissant, au-dessous des argiles à grandes huîtres, équivalent probable de l'argile d'Atherfield des Anglais, une série d'argiles et de sables ferrugineux contenant les genres Ammonites, Venus, Lamna. Cette série repose sur un sable ferrugineux qu'on retrouve en plusieurs points du bas Boulonnais, immédiatement au-dessous du gault, par exemple à Wierre-aux-Bois, et que M. Barrois est disposé à con-

---

(1) *Geol. Mag.*, 1874, 246.
(2) *Revue de géologie*, IX, 123; XI, 126.
(3) *Land und süsswasser conchylien*, 1870.
(4) *Mém. Soc. des sciences de Lille*, 5 juillet 1872.

sidérer comme wealdien. C'est ainsi, du reste, qu'il avait été classé par M. du Souich dans la carte géologique du Pas-de-Calais.

PAYS DE BRAY. — M. de Lapparent (1) a signalé les différences de composition que présente le terrain crétacé inférieur dans l'étendue du Pays de Bray. Ainsi les sables verts du gault disparaissent à un certain moment et sont remplacés, dans la partie nord-ouest de la région, par une épaisseur équivalente d'argile à fossiles du gault. Les argiles panachées cessent d'exister à peu près dans les mêmes parages et l'argile aptienne à Ostrea aquila ne paraît pas dépasser la latitude de Beauvais. Enfin les couches à fossiles marins intercalées dans la grande série des sables et des argiles réfractaires sont plus développées au sud qu'au nord, en sorte que le Bray doit être considéré comme établissant un passage graduel entre la série néocomienne d'eau douce du wealdien d'Angleterre et la série, en partie marine et en partie d'eau douce de la Haute-Marne.

Phosphorite de la Drôme. — Pour M. Ébray (2), les couches exploitées pour leurs nodules de phosphorite à Clansayes, près de Saint-Paul-Trois-Châteaux (Drôme), ne représentent que la partie supérieure de l'étage du gault, c'est-à-dire la couche à Ammonites inflatus. Au-dessous, le gault inférieur existe sous la forme de sables ferrugineux et d'argiles bleues, à Belemnites minimus. Ces dernières sont malheureusement très-difficiles à séparer de l'étage aptien.

Néocomien du Gard. — D'après M. de Rouville (3), le néocomien des environs de Saint-Hippolyte (Gard) présente de haut en bas la coupe suivante, dont le détail a été relevé par M. Jeanjean:

Zone à Toxaster complanatus.	A. Calcaires à Toxaster, Ostrea Couloni, etc. . .	75 mètres.
	B. Marnes grises à Amm. radiatus, A. asper, A. Astierianus.	55 mètres.
Zone à Ammonites ferrugineuses ou à Bélemnites plates.	C. Marnes jaunes à Belemnites pistilliformis, sans Ammonites.	15 mètres.
	D. Marnes grises à Bel. latus et à Ammonites ferrugineuses.	20 mètres.
Zone de Berrias.	E. Calcaire à Natica leviathan, Ammonites occitanicus, Bel. latus, Terebratula Moutoniana, etc.	50 mètres.
	F. Calcaires compactes à Terebratula diphyoïdes, Ammonites Grasianus, A Calypso, Bel. latus.	10 mètres.

(1) *Bull. Soc. géol.* [3], I, 289.
(2) *Bull. Soc. géol.* [3], I, 32.
(3) *Bull. Soc. géol.* [2], XXIX, 723.

Couches à serpules de la Valette. — Conformément à l'opinion de M. de Rouville (1), M. Bleicher (2) classe dans le valanginien l'assise des couches à serpules de la Valette. Il a, en effet, constaté qu'en ce point le calcaire à serpules contient, avec la Rhynchonella peregrina, les Ammonites Berriasensis et Rhynchonella Malbosi.

Suisse. — M. Gilliéron (3) a décrit le terrain néocomien des Alpes fribourgeoises : il distingue de haut en bas :

Calcaire noir.
Calcaire oolitique (faciès jurassien).
Nécomien bleu.
Couches à Belemnites latus.
Calcaire à Ostrea (faciès jurassien).
Couches de Berrias.

D'après les travaux de MM. Desor et de Loriol (4), l'étude des oursins établit en Suisse une démarcation tranchée entre l'aptien et le gault ; en revanche, elle confirme l'union intime de l'aptien supérieur avec l'urgonien.

Alpes autrichiennes. — M. de Hauer (5) distingue, dans la carte géologique d'ensemble de l'empire d'Autriche, les subdivisions suivantes dans le terrain crétacé inférieur :

Gault du Vorarlberg.
Schrattenkalk.
Calcaire à spatangues.
Couches de Rossfeld et de Schrambach (Macigno in part.).
Couches à Toxaster Campichei (Majolica et Biancone).

TERRAIN CRÉTACÉ SUPÉRIEUR.

Glauconie et nodules phosphatés du grès vert d'Angleterre. — Nous avons déjà parlé (6) des travaux de M. Sollas sur l'origine des grains de glauconie et des nodules phosphatés du grès vert supérieur de Cambridge. Ce savant a vérifié (7) que la plupart

(1) *Revue de géologie*, XI, 126.
(2) *Bull. Soc. géol.* [3], II, 21.
(3) *Revue géol. suisse*, IV, 332.
(4) *Revue géol. suisse*, IV, 331.
(5) *Geol. Uebersichtskarte der œsterr. mon.*, feuille XII.
(6) *Revue de géologie*, XI, 127.
(7) *Geol. Mag.*, X, 268.

des grains de glauconie sont des moules intérieurs de foraminifères, où l'on reconnaît encore la structure des genres Bulimina, Textularia, Globigerina, Nodosaria. Un de ces grains a été trouvé encore adhérent à l'intérieur de la coquille dans laquelle il s'était moulé.

Quant aux nodules phosphatés, anciennement appelés coprolithes, qui se rencontrent dans la même assise, M. Sollas fait observer d'abord que la présence de la matière phosphatée est toujours intimement liée à celle d'une substance organique facilement décomposable. Ainsi la surface polie des dents de poissons est presque toujours exempte de phosphate, tandis que leurs faces d'attache en sont complétement incrustées; la même opposition se remarque entre les faces externes et les faces internes des articulations de crustacés. D'ailleurs les nodules contiennent jusqu'à 5 p. 100 de substances organiques et dégagent, lorsqu'on les brûle, une odeur de corne.

En examinant au microscope des lames minces de nodules phosphatés, M. Sollas y a fréquemment observé, comme M. Fisher, des spicules et autres organes caractérisant des spongiaires; ces spicules ont pu être isolés, grâce à leur nature siliceuse. En rapprochant cette circonstance de la forme extérieure généralement affectée par les nodules, M. Sollas en conclut que ce sont des spongiaires où la matière organique a été remplacée peu à peu par du phosphate de chaux. Ces spongiaires appartiendraient principalement aux familles Esperiadæ, Tethyadæ, Halichondridæ, Geodidæ. Quant au phosphate lui-même, il proviendrait, selon l'auteur, des roches volcaniques des Lammermuirs et autres localités du nord de l'Angleterre.

Rabots de Mons. — M. Gosselet (1) classe les couches à silex dits *rabots* des environs de Mons à la hauteur des marnes de Cysoing et de Bouvines avec Inoceramus Brongniarti, Spondylus spinosus et Terebratulina gracilis.

Gaize du Boulonnais. — M. Barrois (2) a signalé à Wierre-aux-Bois, au-dessus du gault à Ammonites splendens, une couche d'argile d'un blanc jaunâtre, contenant un peu de silice soluble, qu'il est porté à considérer comme l'équivalent de la gaize des Ardennes.

(1) *Bull. Soc. géol.* [3], II, 59.
(2) *Bull. Soc. géol.* [3], II, 226.

Craie du Pas-de-Calais. — M. Barrois (1) a donné la coupe des assises crétacées mises au jour dans le nouveau chemin de fer de Saint-Omer à Boulogne. Il y a reconnu, du haut en bas, les assises suivantes (non compris la craie à micraster coranguinum déjà signalée à Saint-Omer par M. Dangiure) :

1° Craie à Micraster cortestudinarium, Pecten Dujardini, Rhynchonella limbata; 2° craie à Scaphites Geinitzi, Micraster breviporus; 3° craie à Terebratulina gracilis, Spondylus spinosus, Inoceramus Brongniarti; 4° craie à Inoceramus labiatus; 5° craie à Ammonites cenomanensis, A. Mantelli, Holaster subglobosus; 6° craie à Amm. varians, A. rotomagensis, Turrilites costatus.

Alpes fribourgeoises. — M. Gilliéron (2) a constaté, dans les Alpes fribourgeoises, la présence de la craie sous la forme de calcaires schisteux, blancs et rouges, avec Micraster breviporus, Cardiaster Gillieroni, Inoceramus Brongniarti.

Couches à spongiaires de Münster. — M. Schlüter (3) a décrit la faune des couches à spongiaires qu'on observe, aux environs de Münster, au sommet des couches à Belemnitella quadrata et à la base des couches à B. mucronata.

Le premier système est divisé par l'auteur en : 1° couches à Scaphites binodosus, avec Callianassa antiqua, Ammonites bidorsatus, Nautilus Westphalicus, Bel. quadrata, Vola quadricostata, Inoceramus Cripsi, Trigonia limbata; 2° marnes à Becksia Soekelandi, avec nombreux autres spongiaires des genres Coeloptychium, Cribrospongia, Coscinopora, et Cardiaster granulosus, Ostrea vesicularis, Inoceramus Cripsi, Bel. quadrata, Ammonites obscurus. Cette assise correspondrait au grès vert à gyrolithes d'Aix-la-Chapelle.

Le second système est formé par des marnes argilo-calcaires avec Lepidospongia rugosa, Coeloptychium, Camerospongia, Cribrospongia, Retispongia, etc., et Echinocorys vulgaris, Micraster glyphus, Cardiaster maximus, Ostrea vesicularis, Crania parisiensis, Ammonites obscurus, Scaphites gibbus, Hamites, Belemnitella mucronata.

Couches de Gosau. — On doit à M. Redtenbacher (4) la description des céphalopodes des couches de Gosau. Les principales espèces sont : Belemnites Hoeferi (forme très-voisine de la Belem-

(1) *Mém. Soc. des sciences de Lille*, 5 juillet 1872.
(2) *Revue géol. suisse*, IV, 233.
(3) *Neues Jahrb.*, 1873; 332.
(4) *Abhandl. der k. k. g. R.*, V, 5. Vienne, 1873.

nitella mucronata), Nautilus sublævigatus, N. Gosavicus, etc., Ammonites Ewaldi, A. Milleri, Scaphites constrictus, Hamites cylindraceus, Turritites binodosus, Baculites Faujasi, B. anceps.

Ainsi les couches en question représentent le sénonien inférieur ou étage de la Belemnitella quadrata. Par suite, ce serait une erreur que de classer, comme l'ont fait plusieurs auteurs, l'ensemble des couches de Gosau dans l'étage turonien.

INDE MÉRIDIONALE. — M. Stoliczka (1) a étudié les polypiers, les spongiaires et les foraminifères des formations crétacées de l'Inde méridionale. Il a reconnu, dans le groupe d'Ootatoor, le Trochosmilia tuba du turonien français et les Latimœandra concentrica et Siphonia pyriformis des couches de Gosau; dans le groupe de Trichinopoly, les Trochosmilia inflexa et Isastræa morchella de Gosau, Astrocænia decaphylla du turonien des Bains de Rennes. Enfin, dans le groupe d'Arrialoor, les Orbitoides Faujasi, Serpula filiformis, S. gordialis, sans compter une dent de Megalosaurus. Ainsi se trouve confirmé le parallélisme déjà établi par M. Stoliczka (2) entre les dépôts crétacés de l'Inde et ceux de l'Europe.

Le groupe d'Ootatoor ou zone des Ammonites rostratus, A. rotomagensis, Inoceramus labiatus, Gryphæa columba, Terebratula depressa, T. obesa, serait l'équivalent du grès vert supérieur, du cenomanien ou tourtia, du quader inférieur et du plæner inférieur.

Le groupe de Trichinopoly ou zone des Ammonites peramplus, Pholadomya caudata, Modiola typica, Gryphæa diluviana, Rhynchonella compressa, correspondrait à la craie turonienne et au quader moyen.

Le groupe d'Arrialoor ou zone des Nautilus danicus, Amm. Ootacoodensis, Exogyra pectinata, E. ungulata, Gryphæa vesiculosa, Inoceramus Cripsi, Crania Ignabergensis, correspondrait à la craie supérieure et à la craie sénonienne ou au quader supérieur.

Faune du terrain crétacé supérieur.

Poissons. — On doit à M. Barrois (3) un catalogue des poissons fossiles du terrain crétacé dans le nord de la France; le nombre

(1) *Memoirs of the geological survey of India*, 1873.
(2) *Revue de géologie*, V, 257.
(3) *Association française*, août 1874.

des espèces connues a été considérablement augmenté par suite des recherches de M. Décocq. Les différents genres se répartissent ainsi qu'il suit entre les étages de la craie ;

Craie à Micraster coranguinum. — Otodus, Lamma.

C. à M. cortestudinarium. — Belonostomus, Carcharias, Corax, Notidanus, Otodus, Lamna, Odontaspis, Ptychodus, Beryx, Enchodus, Anencbelum, Hypsodon, Cladocyclus, Osmeroïdes.

C. à Inoceramus Brongniarti. — Macropoma, Carcharias, Otodus, Lamna.

C. à In. labiatus. — Macropoma, Otodus.

C. glauconieuse. — Macropoma, Otodus, Odontaspis, Ptychodus, Beryx, Calamopleurus, Osmeroïdes.

Inocérames. — M. Geinitz (1) a comparé les diverses espèces d'inocérames de la craie sous le point de vue de leur affinité zoologique. L'Inoceramus striatus de la craie glauconieuse lui paraît un derivé de l'In. concentricus du gault. A son tour il donne naissance aux deux séries de l'In. Brongniarti et de l'In. latus. De ce dernier dérivent, d'un côté, l'In. labiatus, de l'autre l'In. Cuvieri, qui est intimement lié aux In. planus et I. Cripsi, tandis que l'In. Brongniarti se relie plutôt à l'In. Lamarcki.

TERRAINS NÉOZOÏQUES.

TERRAINS TERTIAIRES.

Terrain éocène.

Bassin anglo-français. — M. Hébert (2) a publié un travail étendu sur le synchronisme des formations éocènes du bassin de Paris avec celles de la Belgique et de l'Angleterre. Ce synchronisme est résumé par le tableau suivant :

(1) *Neues Jahrbuch*, 1873, 7.
(2) *Bull. Soc. géol.* [3], II, 27. — *Annales des sciences géologiques*, IV.

		BASSIN DE PARIS.	BELGIQUE.	ANGLETERRE.
Eocène inférieur.	Groupe supérieur.	Sables à Nummulites planulata. Sables sans fossiles.	Panisélien. Yprésien supér.	Sables inférieurs de Bagshot.
		Lacune. Lacune.	Argile d'Ypres. ?	London Clay. Couches d'Oldhaven.
		Argile plastique et lignites.	Landénien supérieur.	Couches de Woolwich.
		Sables de Bracheux.	Landénien inférieur.	Couches de Thanet.
	Groupe inferieur.	Dénudation.	Dénudation.	Manque.
		Marne de Dormans. Conglomérat de Meudon. Calcaire de Rilly et marne strontianifère de Meudon. Sable de Rilly.	Marne marine heersienne. Sables heersiens supérieurs. Sables heersiens inférieurs.	
		Poudingue de Nemours.	Dénudation.	
		Lacune.	Calc. de Mons.	

On voit que M. Hébert maintient la position qu'il a depuis longtemps assignée aux sables de Rilly au-dessous de la série de Bracheux ; cependant la plupart des géologues sont aujourd'hui d'accord pour considérer les sables fossilères de Bracheux comme existant, sur le bord de l'Ile-de-France, au-dessous des calcaires et des sables blancs de Rilly.

En rangeant le panisélien à la hauteur des sables de Cuise, M. Hébert a exprimé l'opinion qu'il conviendrait, comme l'a fait depuis longtemps M. Prestwich, de réunir cet étage à l'yprésien supérieur. D'un autre côté, M. Mourlon (1) a fait observer que le panisélien du mont Panisel renferme une faune qui se confond pour ainsi dire avec celle du bruxellien ou éocène moyen. Du reste il y a lieu de distinguer dans le panisélien deux types dont on ignore encore les relations stratigraphiques; celui des psammites du mont Panisel et celui de l'Argilite de Morlanwelz, à Leda Corneti; ce dernier renferme quelques espèces caractéristiques de l'éocène inférieur.

(1) *Bull. Soc. malacologique de Belgique*, 1er février 1874.

Marnes heersiennes de Gelinden. — MM. de Saporta et Marion (1) ont étudié les végétaux recueillis par M. Dewalque dans les marnes heersiennes de Gelinden. Les espèces sont au nombre de vingt-six; bien que la flore ait des affinités avec celle de l'époque crétacée, elle se rapproche encore plus de la végétation éocène; six espèces sont connues dans l'éocène inférieur et deux d'entre elles dans les sables de Bracheux. L'ensemble indique un climat chaud, raisonnablement humide, favorable à la végétation forestière et exempt de saisons extrêmes.

Cailloux à nummulites du nord de la France.—M. Gosselet (2) a signalé la présence, en de nombreux points des départements du Nord et de l'Aisne, de dépôts de cailloux siliceux avec Nummulites lævigata. Il a tracé la carte de ces dépôts, qui démontrent que le bassin éocène du Laonnois et de l'Ile-de-France communiquait, par un détroit situé entre Chauny et Saint-Quentin, avec un second bassin dont les limites sont définies par les communes de Vermand, Epehy, Clary, Wassigny, Marbaix, Sains, La Capelle, Iron et Guise. On retrouve également des silex à nummulites à Bourlon près de Cambrai.

M. de Lapparent (3) pense que ces silex, qui parfois deviennent de véritables meulières ferrugineuses, résultent d'une transformation chimique subie par des dépôts normaux de calcaire grossier. Cette transformation paraît avoir eu lieu à l'époque où s'est produite l'argile à silex des plateaux.

Sables et argiles du Vermandois et du Cambrésis. — M. de Lapparent (4) a signalé, dans le Vermandois et le Cambrésis, de nombreux gisements de sables blancs avec argile plastique que leur position à des niveaux généralement assez inférieurs avait fait considérer comme des dépendances de la glauconie de la Fère; ces dépôts appartiennent en réalité à l'étage des sables blancs et des argiles à lignites du Soissonnais; ils se relient intimement au landénien supérieur de Dumont et ils doivent leur situation actuelle à des effondrements de la craie sous-jacente. Quelques-unes des poches ainsi produites ont plus de 40 mètres de profondeur.

Sables de Rilly et tuf de Sézanne. — M. Meugy (5) a cherché à

(1) *Bull. Acad. roy. de Belgique* [2], XXXV, mai 1873.
(2) *Bull. Soc. géol.* [3], II, 51.
(3) *Bull. Soc. géol.* [3], II, 58.
(4) *Bull. Soc. géol.* [3], II, 134.
(5) *Bull. Soc. géol.* [3], I, 40.

démontrer, d'après les observations qu'il a faites aux environs de Reims, que les sables blancs de Rilly sont inférieurs au calcaire pisolithique du mont Aimé et de Vertus ainsi qu'au tuf de Sézanne et que, par conséquent, si le calcaire pisolithique appartient à la période crétacée, il en est de même, à plus forte raison, des sables de Rilly et de ceux de Châlons-sur-Vesle.

Ces conclusions seront difficilement acceptées par les géologues qui ont étudié cette portion du bassin parisien.

Phosphorites du Quercy. — Quelques fossiles trouvés par M. Guillier dans les gisements de chaux phosphatée de Caylus (Tarn-et-Garonne) ont été déterminés par M. A. Gaudry. Ces fossiles sont : un anoplotherium, un palœotherium de taille moyenne, un paloplotherium de la dimension du palœotherium medium, un chien voisin du Cynodictis robustus (Filhol), mais de taille plus petite, un Pterodon ayant la taille de l'espèce nommée Hyœnodon dubius, une vertèbre d'un très-grand serpent paraissant être le Palœophis et une chauve-souris dont les dents inférieures diffèrent de celles du Rhinolophus antiquus.

M. Péron (1) a étudié les gisements de phosphorites du Quercy, sur l'âge et la nature desquels tant d'opinions contradictoires ont été émises (2). Pour lui, ces dépôts appartiennent certainement à l'étage éocène ; ils sont dans une dépendance absolue relativement aux dépôts éocènes voisins. On ne les trouve que dans la région des plateaux calcaires qui ont été parcourus par les eaux douces de cette époque géologique, c'est-à-dire toujours au-dessous de 350 mètres environ d'altitude. Ils appartiennent à la base même de ces formations.

Aux gisements déjà connus de Servenac et de Mouillac avec Anthracotherium, Rhinocéros, Palæotherium, M. Péron ajoute celui de Lamandine, près Caylus, où le Palæotherium abonde d'une façon extraordinaire. En outre il a découvert à Lamandine, dans les marnes phosphatées, un riche dépôt de coquilles terrestres et d'eau douce avec Cyclostoma formosum, Limnea ore-longo, Planorbis cornu, etc., fossiles qui confirment tous l'attribution de la phosphorite du Quercy et du terrain sidérolithique qui l'accompagne à l'éocène supérieur ou oligocène (époque du gypse parisien).

Quant à l'origine des phosphates, M. Péron est porté à y voir une accumulation de débris animaux plutôt qu'un produit de sources thermales.

---

(1) *Bull. Soc. géol.* [3], II, 108.
(2) *Revue de géologie*, X, 41.

Montagne-Noire. — M. Leymerie (1) a décrit les dépôts éocènes du versant sud de la Montagne-Noire. Il y distingue, au-dessus du garumnien lacustre à Physa gigantea, un étage marin nummulitique à Nummulites globulus, N. atacicus, Operculina ammonea, Alveolina subpyrenaïca, Ostrea multicostata, Orbitolites plana, dont il fait l'équivalent du suessonien. Puis, au-dessus, une formation lacustre formée par le grès de Carcassonne ou étage *carcassien*, véritable mollasse à Lophiodon, dont le calcaire de Ventenac et le grès d'Issel sont des assises subordonnées. Pour M. Leymerie, l'étage carcassien représenterait à la fois le calcaire grossier supérieur, le gypse de Montmartre et le grès de Fontainebleau. Il a nettement participé au soulèvement des Pyrénées.

Basses-Alpes. — M. Garnier (2) a donné le tableau suivant pour la série des assises éocènes dans les vallées du Var, du Verdon et de l'Asse (Basses-Alpes) :

	VAR ET VERDON (Branchaï, Allons, Entrevaux), Annot.	ASSE (Barrême, Clumane, Tartonne).
Eocène supérieur.	1. Calcaires et schistes argilo-calcaires à fucoïdes et à myrianites. 2. Grès d'Annot (flysch).	Schistes gréseux de l'Asse (flysch).
Eocène moyen.	1. Marnes argileuses à Orbitoïdes, operculines, nummulites, Serpula spirulæa, Tornatella simulata.	1. Marnes argileuses sans fossiles de Barrême. Marnes argileuses à nummulites et tornatelles de Clumane.
	2. Calcaires marneux à nummulites, orbitoïdes et operculines.	2. Calcaires grossiers, jaunes, à nummulites, de Barrême et Clumane.
	3. Calcaires durs à nummulites.	Glauconie de Tartonne.
	Marnes à cérithes et Natica vapincana de Branchaï, Allons, Argens.	Manque.

Cependant M. Tournoüer (3) est porté à regarder la série de Clumane et de Barrême comme intercalée entre le flysch et les marnes à Serpula spirulæa d'Allons et d'Entrevaux. Ces dernières devraient alors descendre au-dessous de la glauconie de Tartonne.

Quant aux couches nummulitiques de Castellanne, attribuées par d'Orbigny au suessonien, M. Tournoüer les regarde comme l'équivalent du flysch, ou comme situées entre le flysch et le système d'eau douce tongrien.

(1) *Bull. Soc. géol.* [3], II, 68.
(2) *Bull. Soc. géol.* [2], XXIX, 704.
(3) *Bull. Soc. géol.* [2], XXIX, 707.

SUISSE. — M. Baltzer (1) a reconnu, dans le massif du Glærnisc la présence de l'étage parisien avec Nummulites intermedia, Cardium semistriatum, Spondylus subspinosus, Pecten suborbicularis, et celle du flysch avec fucoïdes.

— M. Sandberger (2) a décrit la faune du calcaire d'eau douce des Ralligstöcke; c'est un calcaire noir, associé à du lignite, formant la base du calcaire nummulitique contemporain des sables de Beauchamp. On y reconnait les Neritina Fischeri, Melania alpina, Helix Rutimeyeri, etc.

— M. de Mojsisovics (3) range dans le flysch éocène les schistes des Grisons du Prättigau, malgré la présence de bélemnites qui avait engagé M. Théobald à les classer dans le lias. Cet argument, d'ailleurs, n'a plus la même valeur aujourd'hui que les bélemnites ont été trouvées à plusieurs reprises dans le terrain éocène (4).

HONGRIE. — *Bassin de Klausenburg.* — Le bassin éocène de Klausenburg a été décrit par M. Pavay (5). La série des couches, de haut en bas, est la suivante :

1. Sables et grès oligocènes remplis de Corbula.
2. Conglomérat éocène.
3. Argile et bryozoaires.
4. Calcaires nummulitiques et marnes supérieures avec Numm. intermedia, N. Molli.
5. Argile à huîtres.
6. Calcaire inférieur à nummulites avec N. perforata, N. Lucasana.
7. Argile jaune sans fossiles.
8. Sables rouges et marnes à Palæotherium.
9. Calcaires d'eau douce à Planorbis, Limnea et graines de Chara.

Parmi les fossiles les plus fréquents dans cet ensemble, on peut citer les Teredo Tournali, Corbula gallica, Panopæa corrugata, Pholadomya Puschi, Corbis pectunculus, Lucina mutabilis, L. Vicaryi, Spondylus bifrons, Anomia tenuistriata, Ostrea orientalis, O. cephaloïdes, O. gigantea, Cidaris subularis, et de nouvelles espèces d'Echinolampas et d'Echinanthus.

Limite entre le terrain éocène et le terrain miocène. — Il existe

(1) *Revue géologique suisse*, IV, 335.
(2) *Land und Süsswasser Conchylien*, 1872, 247. — *Revue géologique suisse*, IV, 336.
(3) *Jahrb. d. k. k. g. R.*, 1873, XXIII. — *Revue géologique suisse*, IV, 338.
(4) *Revue de géologie*, VIII, 122.
(5) *Jahrb. d. k. ungar. geol. Reichs.*, I, 347.

dans le Limbourg belge une série de couches qui établissent le passage de l'éocène au miocène, et que Dumont avait classées dans ses deux systèmes tongrien et rupélien. Dès 1852, Sir Charles Lyell avait reconnu que le tertiaire du Limbourg formait trois groupes distincts; l'inférieur, marin ou argile de Vliermael; le moyen, fluvio-marin ou sables du Limbourg; le supérieur, marin ou argile de Boom. A la suite d'une excursion faite dans cette région par la Société malacologique de Belgique, MM. Ortlieb et Dollfus (1) ont confirmé la classification de Lyell; mais tandis que ce savant rapportait les trois groupes à l'éocène supérieur, les auteurs y reconnaissent l'oligocène complet, où ils établissent les subdivisions suivantes :

		DUNE.	LITTORAL.	MER PROFONDE.
Oligocène	supérieur et moyen.	Sables de Rupel ? Sables divers sans fossiles.	Argile à Nucules. Sables de Bergh. — de V. Jonc. Marne de Henis.	Argile de Boom.
		Oscillation.		
	inférieur.	Sable de Nerrepen.	Sable et argile de Vliermael.	

Cet ensemble est discordant, au moins géographiquement, avec le laekenien qui lui est inférieur et avec les sables d'Edeghem qui inaugurent la période miocène.

MM. Ortlieb et Dollfus pensent que les sables de Bergh correspondent aux sables de Fontainebleau, tandis que les sables de Vieux-Jonc représenteraient le calcaire de la Brie et les marnes marines supérieures au gypse.

Terrain miocène.

Mollasse de Lyon. — M. Chantre (2) a signalé à Lyon, au quartier Saint-Paul, sur le flanc nord-ouest de la colline de Fourvière, un dépôt de mollasse marine avec Fusus virgineus, F. linearius, Pecten striatus, supportant des graviers post-pliocènes. Ce gisement confirme la continuité des dépôts miocènes supérieurs depuis le sud du bassin du Rhône jusqu'au delà de Lyon.

Mollases de l'Armagnac et des Landes. — M. Jacquot, dans sa description géologique du Gers, ayant classé dans le pliocène la

(1) *Annales de la Soc. malacologique de Belgique*, VIII, 1873.
(2) *Bull. Soc. géol.* [3], II, 206.

mollasse coquillière de l'Armagnac et les glaises bigarrées ferrifères qui la surmontent, ainsi que les mollasses à Cardita Jouanneti de Mont-de-Marsan, M. Tournoüer (1) a indiqué les raisons qui lui font croire que toutes ces formations doivent être maintenues dans le miocène, dont elles forment l'étage supérieur. La période miocène n'a même pas été close par l'émersion de ces terrains marins, puisque, postérieurement aux dépôts de l'Armagnac, elle s'est continuée en Autriche et dans l'Europe orientale par les dépôts de lagunes à Cerithium pictum et les assises lacustres à Congeria.

Tel est aussi l'avis de M. Louis Lartet (2), qui, après une étude paléontologique détaillée, maintient les faluns de l'Armagnac dans le miocène, au même titre que ceux de Pontlevoy et de Léognan. Il fait remarquer qu'en dehors même des invertébrés, on trouve dans ces faluns les Dinotherium, Mastodon, Rhinoceros, etc., caractéristiques de l'époque miocène.

Mollasse du mont Léberon. — M. Gaudry (3) résume ainsi qu'il suit la composition de l'étage miocène dans le mont Léberon :

Miocène supérieur.	Limons rougeâtres, de formation terrestre, au sud du Léberon.	Zone des Hipparions, des Gazelles, etc.
	Limons gris et marnes palustres de Cucuron.	Zone de l'Helix Christoli.
Miocène moyen.	Marne gris blanchâtre de Cabrières.	Zone de l'Ostrea crassissima.
	Marne sableuse de Cabrières.	Zone de la Cardita Jouanneti.
	Mollasse jaune de Cucuron.	Zone de la Janira planosulcata.
	Mollasse grise de Vaugines.	

Cet ensemble repose sur le néocomien inférieur. C'est dans la partie supérieure de ce gisement du mont Léberon que M. Gaudry (4) a découvert de nombreux vertébrés fossiles formant seize espèces qui appartiennent aux genres Machærodus, Hyæna, Ictitherium, Dinotherium, Rhinoceros, Acerotherium, Hipparion, Sus, Helladotherium, Tragoceras, Gazella, Palæoreas, Cervus, Testudo.

Les invertébrés fossiles du mont Léberon ont été décrits par MM. Fischer et Tournoüer (5); dans la mollasse jaune de Cucu-

(1) *Bull. Soc. géol.* [3], I, 207.
(2) *Bull. Soc. géol.* [3], I, 210.
(3) *Bull. Soc. géol.* [3], I, 332.
(4) *Animaux fossiles du mont Léberon*, 1873.
(5) *Bull. Soc. géol.* [3], II, 128.

ron, on trouve les Ostrea Boblayei, Janira benedicta, Pecten scabriculus.

La marne de Cabrières a fourni cent quatre espèces de mollusques, parmi lesquelles un certain nombre se retrouvent dans les faluns de la Touraine. Mais son niveau est en réalité supérieur et semble correspondre à celui du falun de Salles.

Quant aux marnes palustres, elles paraissent être contemporaines du tortonien des géologues italiens.

Suisse et Souabe. — M. Sandberger (1) a comparé la composition du terrain miocène de la Suisse avec celle qui caractérise le miocène de la Souabe. A Delsberg, localité qui, par Bâle, est en relation immédiate avec le bassin de Mayence, les plus anciens dépôts marins miocènes sont des calcaires et des argiles avec Natica crassatina, Cerithium conjunctum, Ostrea cyathula, etc., recouverts par des marnes bariolées et des marnes noires à Chara Meriani, Planorbis cornu, Cyclostoma antiquum; au-dessus viennent les marnes et les grès de la mollasse à Cinnanomum polymorphum, puis des calcaires à Helix Ramondi, H. rugulosa et Limnea pachygaster.

Cette série miocène inférieure est recouverte à Corbon, au Val de Tavannes, etc., par une mollasse à Ostrea crassissima, Pecten palmatus, etc., sur laquelle reposent les marnes miocènes supérieures et les sables rouges à Melania Escheri; Melanopsis Kleinii, Helix carinata. Enfin, dans d'autres localités, on observe des graviers et cailloutis de grès des Vosges avec Dinotherium que Greppin regarde comme inférieurs aux marnes, mais qui, pour M. Sandberger, sont le terme le plus élevé de la série.

Dans la Souabe, du côté d'Ehingen et d'Ulm, la série débute par les calcaires à Helix Ramondi et H. rugulosa, avec restes de Carex et de Cyperus, surmontés par des marnes à Planorbis cornu, que couronnent des calcaires d'eau douce crayeux avec Helix crepidostoma, H. osculum, Clausilia antiqua; on trouve aussi des mammifères, Rhinoceros minutus, Amphicyon intermedius, Anchitherium aurelianense, Tapirus helveticus. L'Anthracotherium et le Mastodon y font défaut. Par-dessus viennent des sables marins intimement liés aux couches d'Ermingen à Ostrea crassissima, Pecten solarium, Cardita Jouanneti, Fusus burdigalensis, etc. Enfin ces sables marins sont souvent recouverts par des couches à Cardium sociale, Dreissenia amygdaloïdes et D. clavæformis, qui représentent l'étage tortonien et non les couches à Congeria (Dreis-

(1) *Neues Jahrb.*, 1873; 575.

sena), du bassin de Vienne, avec lesquelles elles n'ont aucune espèce commune.

Étage helvétien. — M. C. Mayer (1) divise son étage helvétien en trois assises, celles de Grund, de Serravalle et de Saint-Gall.

La division inférieure ou de Grund consiste en une longue série, souvent interrompue, de dépôts marins qui s'étendent de Bordeaux à Poitiers, et de là en Touraine et jusqu'à Moulins. On les retrouve dans le Jura, à Bâle, en Argovie et dans le Würtemberg, puis dans le bassin de Vienne, d'où ils passent en Galicie et en Wolhynie. Enfin cette assise existe au pied nord des Apennins et à la Superga de Turin, ainsi qu'aux Martigues dans le midi de la France.

La division moyenne, caractérisée presque partout à l'état de grès mollasse jaunâtre, et remplie de bryozoaires, d'échinodermes et de dents de squales, suit la première en liaison intime à Bordeaux, en Touraine, dans le Jura et à la Superga.

Enfin la division supérieure, assez constante dans ses caractères paléontologiques et pétrographiques, comprend les marnes bleues ou jaunes à Turritelles et à panopées de Montpellier, de Saint-Mitre près des Martigues, de Berne, de Lucerne, de Saint-Gall, de Trente, etc.; ensuite le calcaire à nullipores (ou calcaire de la Leitha) de toute la France méridionale, de Serravalle, des environs de Vienne, etc.

Sur 740 espèces de l'helvétien suisse, 371 ou 50 p. 100 avaient déjà apparu dans l'étage inférieur (langhien). 120 sont spéciales à l'helvétien suisse. 394 ou 53 p. 100 reparaissent plus tard dans le tortonien; 345 ou 42 p. 100 montent jusque dans le messinien et l'astien. Enfin 219 ou 90 p. 100 vivent encore aujourd'hui.

Il y a cependant un désaccord entre M. Mayer et M. Th. Fuchs (2) relativement à l'équivalence des formations du bassin de Vienne avec celles de la Suisse. Ainsi, tandis que pour M. Mayer l'argile de Baden (tortonien) est distincte du calcaire de la Leitha, pour M. Fuchs ce sont des formations surbordonnées; l'helvétien suisse correspondrait donc seulement aux couches de Horn ou étage méditerranéen inférieur et non au calcaire de la Leitha ou étage méditerranéen supérieur.

Sicile. — Les gisements de soufre miocènes de la Sicile, déjà étudiés par M. Mottura (3), ont été visités par M. Vom Rath (4).

---

(1) *System. Verzeichniss der Versteinerungen des Helvetian*, Zürich, 1873.
(2) *Verhandl. der k. k. geol. Reichsanstalt*, 1873, 178.
(3) *Revue de géologie*, XI, 33.
(4) *Neues Jahrb.*, 1873, 585.

Le soufre est contenu dans des marnes tantôt argileuses, tantôt calcaires, qui reposent souvent sur des couches de tripoli avec empreintes de poissons. Au-dessous viennent des marnes avec foraminifères. Les couches qui contiennent le soufre sont souvent recouvertes par des masses colossales de gypse, que couronne parfois une nouvelle assise de marnes à foraminifères.

Parmi les poissons du tripoli, M. Troschel a reconnu le Rhodeus latior d'Œningen et le Lebias crassicaudus. On a trouvé aussi le Leuciscus Œningensis et une libellule.

Antilles. — M. Lechmere Guppy (1) a donné une coupe des falaises miocènes de San-Fernando, dans l'île de la Trinité. Ces falaises sont formées par des marnes argileuses à séparations sphéroïdales, reposant sur des couches à nucules et caractérisées par l'abondance des foraminifères, surtout ceux du genre Nodosaria. Dans ce système, ainsi que dans les couches à asphaltes et les marnes gypseuses de la même île, M. Guppy signale les foraminifères suivants : Nummulina Ramondi, Orbitoïdes Mantelli, Amphistegina vulgaris, Nodosaria glabra, N. hispida, N. ovicula, N. pyrula, Dentalina elegans, D. filiformis, Globigerina bulloïdes, Rotalia orbicularis, etc.

Terrain pliocène.

Sables d'Anvers. — M. Mourlon (2) regarde les sables verts à Terebratula grandis d'Avers comme appartenant à la base du système scaldisien et non au diestien comme l'ont cru quelques auteurs.

Cependant MM. Dewalque et Cogels paraissent disposés à maintenir les térébratules dans le diestien : elles n'existeraient dans le crag gris que par suite d'un remaniement.

Cinérites du Cantal. — M. Rames a découvert, dans les cinérites du Cantal, une riche flore fossile qui a été étudiée par M. de Saporta (3). Cette flore, reconnue dans deux localités, au Pas de la Mougudo et à Saint-Vincent, présente une trentaine d'espèces, dont sept sont communes aux deux gisements et six se retrouvent dans la flore pliocène de Meximieux (Ain). Le faciès de la flore de Mougudo est caucasien et asiatique; celui de Saint-Vincent est

(1) *Geol. Mag.*, X, 362.
(2) *Bull. Soc. malacologique de Belgique*, février 1874.
(3) *Bull. Soc. géol.* [3], I, 212.

américain et japonais, et il se manifeste entre les deux gisements une différence qui met en évidence les effets de l'exposition et de l'altitude.

Tripoli de la Haute-Loire. — M. de Saporta a également étudié (1), dans les marnes à tripoli de Ceyssac (Haute-Loire), une flore de dix-sept espèces, se rapportant à une époque voisine de celle qui vit se produire l'enfouissement des forêts du Cantal.

Gypses d'Aix. — M. Verreaux (2) a déterminé génériquement des plumes d'oiseaux fossiles recueillies dans les gypses d'Aix par M. Coquand. Il y a reconnu six genres différents qui offrent une analogie remarquable avec les oiseaux indigènes actuels de notre pays.

De son côté, M. Oustalet a remarqué que les insectes fossiles d'Aix appartiennent généralement à des types de climats tempérés, et qu'on n'y trouve pas les types tropicaux qui caractérisent la faune d'Œningen. Déjà, du reste, M. Heer avait reconnu que la faune entomologique de ces gypses présentait un caractère moins méridional que la flore.

Les poissons, d'après M. H. E. Sauvage (3), conduisent à des conclusions semblables; le dépôt d'Aix paraît s'être formé dans un marais analogue aux marais salants actuels de la Méditerranée, à une époque où cette mer communiquait avec la mer des Indes, tandis que l'Europe était largement réunie avec l'Amérique.

TERRAINS QUATERNAIRES.

Graviers de Dublin. — Des dépôts de graviers avec coquilles marines existent aux environs de Dublin à des hauteurs de 300 et même 400 mètres au-dessus du niveau actuel de la mer. D'après M. Maxwell Close (4), ces graviers appartiendraient à l'étage des sables et graviers moyens du pléistocène et viendraient s'intercaler entre les deux étages du boulder-clay. La plupart des cailloux de ces graviers sont calcaires et portent des stries glaciaires; très-peu sont complétement arrondis. La condition des coquilles indique qu'elles ont également subi un transport, que l'auteur attribue aux glaces flottantes. Bien que toutes ces coquilles

(1) *Bull. Soc. géol.* [3], I, 212.
(2) *Bull. Soc. géol.* [3], I, 386.
(3) *Bull. Soc. géol.* [3], I, 388.
(4) *Geol. Mag.*, 1874, 193.

appartiennent à des espèces qui vivent encore dans les mers voisines, leur ensemble paraît indiquer un climat plus boréal que celui qui prévaut aujourd'hui dans les mêmes régions.

CUMBERLAND. — M. Clifton Ward (1) a décrit l'ensemble des phénomènes glaciaires dans la partie septentrionale de la région des lacs du Cumberland. Il a remarqué que les roches striées se rencontraient jusqu'à 800 mètres de hauteur, mais pas au delà, et que les sommets les plus élevés en étaient exempts, ce qui lui paraît incompatible avec l'hypothèse d'une calotte glaciaire continue. De plus, les stries observées, quoique dirigées suivant les vallées principales, traversent parfois les arêtes secondaires de séparation des eaux. Par suite, les phénomènes glaciaires de la région auraient été produits par de grands glaciers continentaux, dont le mouvement était déterminé par la pente générale du district.

M. Clifton Ward admet, postérieurement à l'époque glaciaire, un enfoncement progressif de 70 mètres environ d'amplitude, puis une nouvelle période de glaciers terrestres, ayant pour résultat la disparition du diluvium marin des plus hautes vallées.

Boulder-Clay d'Angleterre. — M. Mellard-Reade (2) a décrit le boulder-clay inférieur du Lancashire et du Cheshire. Cette formation se compose de sables et d'argiles avec blocs striés et coquilles. Ces dernières se trouvent surtout dans les argiles: elles n'existent dans les sables qu'à l'état de fragments. Quarante-six espèces ont été reconnues, parmi lesquelles Turritella communis, Trophon clathratus, Mangelia turricula, Fusus antiquus, Buccinum undatum, Cyprina islandica. L'auteur croit que ces coquilles n'ont pas vécu ensemble et que, pour la plupart au moins, elles ont subi un transport.

Un dépôt semblable a été examiné à Leyland par M. Darbishire; c'est une couche de gravier, recouverte par de l'argile jaune et contenant quarante-deux espèces de coquilles, dont les plus remarquables sont les Panopœa norwegica, Mactra glauca, Cytherea chione, Cardium rusticum, Fusus propinquus, F. antiquus. Cet ensemble n'est nullement caractéristique de l'époque arctique ou glaciaire et reproduit les listes des dépôts de Wexford.

Tourbières du nord de la France. — On doit à M. Debray (3) un travail étendu sur les tourbières du littoral flamand et sur

(1) *Geol. Society*, 28 mai 1873.
(2) *Geol. Society*, 19 nov. 1873.
(3) *Soc. des sciences de Lille*, XI, 1872.

celles du département de la Somme. Les premières sont recouvertes de dépôts marins effectués postérieurement au règne de l'empereur romain Posthume, et la partie supérieure des gîtes de tourbe date certainement de la domination romaine.

Anciens glaciers des Vosges. — M. Ch. Grad (1) a décrit les formations glaciaires de la chaîne des Vosges, déjà étudiées par MM. Hogard et Ed. Collomb. D'après lui, les dépôts glaciaires de cette région reposent sur des alluvions fluviatiles plus anciennes. La disposition en moraines frontales par échelons successifs dans les vallées indique une retraite graduelle des glaces. Un climat plus humide, avec de plus fortes précipitations de neige, suffirait pour faire renaître les anciens glaciers des Vosges.

Vallée du Rhin. — M. Sandberger (2) a étudié les gisements de Mosbach, au confluent du Rhin et du Mein, déjà connus par les descriptions de A. Braun et de H. de Meyer. On y connaît aujourd'hui soixante-treize espèces de mollusques et vingt-quatre de vertébrés. La plupart des espèces de mollusques vivent encore dans la haute vallée du Mein, surtout en amont de Bamberg. Les autres, comme Valvata naticina, Macrostoma, Hyalina viridula, ne se trouvent plus qu'au nord-est et au nord de l'Europe. La Pupa columella existe à Saint-Pétersbourg, en Laponie et sur la Gemmi. En somme, le dépôt des sables de Mosbach indique certainement un climat plus froid que le climat actuel.

Ce qui est surtout intéressant, c'est l'association des vertébrés; ainsi l'on y trouve ensemble avec le cheval, le sanglier et le rat d'eau, l'aurochs, l'ours des cavernes, le Cervus megaceros, l'hippopotame, l'Elephas antiquus, le mammouth et le renne. Selon M. Sandberger, cette association enlève toute valeur à la classification des temps préhistoriques adoptée par Ed. Lartet et Dupont, et basée, comme on sait, sur la distinction des époques de l'ours des cavernes, du mammouth et du renne. Les sables de Mosbach n'ont pas fourni le moindre indice de la présence de l'homme, et pourtant leur dépôt s'est effectué à l'époque où se déposaient les graviers de la Somme et ceux de la Tamise.

Relativement au loess rhénan, M. Sandberger fait observer que le Rhin, à l'époque diluvienne, roulait un volume d'eau égal à quarante-huit fois son volume actuel. Les coquilles de ce loess sont toutes terrestres, et les quinze vertébrés qu'on y a rencon-

(1) *Bull. Soc. géol.* [3], I, 88.
(2) *Das Ausland*, 15 décembre 1873. — *Geol. Mag.*, 1874, 215.

trés se retrouvent aussi à Mosbach. Seulement le Rhinoceros Merckii de Mosbach est remplacé par le R. tichorhinus; l'hippopotame a disparu et le renne abonde.

ALPES MÉRIDIONALES. — M. Guembel (1) a étudié les phénomènes glaciaires dans les vallées de l'Inn et de l'Adige; les roches striées et polies s'élèvent à une très-grande hauteur sur le versant méridional des Alpes et le terrain glaciaire des environs de Botzen présente, par suite des érosions qu'il a subies, de hautes pyramides de terre surmontées de blocs plus ou moins considérables.

PERSE. — M. Blanford (2) a donné une description des dépôts superficiels dans les vallées et les déserts du centre de la Perse. Les rivières y sont très-rares et la plupart se terminent par des marais et des lacs salés. Sur le bord des plaines, à leur jonction avec les versants des montagnes, on observe de vastes talus de graviers. L'auteur établit que la Perse a passé graduellement d'un climat humide à un climat sec; en même temps des portions de sa surface se soulevaient et d'anciens lits de rivières étaient convertis en bassins fermés. A mesure que la quantité de pluie diminuait, les lacs qui occupaient ces bassins se desséchaient et devenaient des plaines désertes. Enfin la désagrégation produite par les agents atmosphériques sur les roches des hauteurs étant en excès relativement à la force de transport des courants, les parties supérieures des vallées ont été graduellement remplies par des détritus grossiers.

VALLÉE DE L'INDUS. — M. Drew (3) a étudié les dépôts alluviens de la vallée de l'Indus. Après les avoir distingués en matériaux désagrégés sur place, talus d'éboulement, cônes de déjection et alluvions proprement dites, l'auteur établit que les terrasses d'alluvions caillouteuses bien stratifiées ont souvent, sur les bords de l'Indus, près de 100 mètres de puissance.

La succession des phénomènes a dû comprendre trois phases principales : le creusement des vallées, leur remplissage par les alluvions; enfin le creusement ultérieur de ces mêmes alluvions par des courants; pendant la seconde phase, les roches de la contrée devaient être soumises à d'énergiques actions de désagréga-

(1) *Sitzungber. der Akad. d. Wissensch.* Munich, 1873, 223. — *Revue géol. suisse*, IV, 342.
(2) *Geol. Society*, 11 juin 1873.
(3) *Geol. Society*, 28 mai 1873.

tion, ce qui, d'après l'auteur, exige l'intervention du froid de la période glaciaire.

Hypothèse d'une calotte glaciaire générale. — M. Campbell (1) a examiné une opinion prêtée à Agassiz relativement à l'existence d'une calotte de glace universelle qui se serait étendue des pôles à l'équateur. Ayant parcouru tout le nord de l'Europe depuis l'Angleterre jusqu'à Archangel, ensuite le Caucase, la Crimée, la Grèce et le sud de l'Europe, l'auteur a observé en Russie, par 60° de latitude nord, une chaîne de basses collines diluviennes qui semble indiquer la fin de la moraine terminale des glaciers venus du pôle. De grosses pierres polies et striées d'origine septentrionale se rencontrent à Nijni-Novogorod jusqu'à 55° de latitude, mais n'avancent pas plus au sud. La limite méridionale des blocs erratiques de provenance arctique est, en Amérique, 39° de latitude; en Allemagne, 55°; dans la Russie méridionale, 56°. L'auteur croit donc que la calotte polaire devait s'arrêter à ces latitudes et que les principaux courants océaniques existaient déjà à cette époque, déterminant l'extension plus ou moins grande des glaces polaires suivant les régions.

— M. T. Belt (2), qui a résidé pendant quatre ans dans l'État de Nicaragua, n'hésite cependant pas à voir partout, dans l'Amérique centrale, les traces de l'ancienne extension des glaciers. Selon lui, la calotte de glace ne laissait libre que les parties les plus basses de la zone tropicale.

Il est vrai que M. Belt a la bonne foi d'ajouter que les dépôts glaciaires qu'il a observés diffèrent de ceux de l'Angleterre par l'absence complète de roches striées. Or ce caractère suffit pour faire admettre que M. Belt a pris pour des dépôts glaciaires des alluvions déposées, sans doute, sous l'influence d'un régime hydraulique plus énergique que celui qui prévaut de nos jours.

Ajoutons que M. Belt ne recule pas devant l'hypothèse d'un manteau de glace de 2 kilomètres d'épaisseur couvrant *simultanément les deux hémisphères* et que, sous prétexte qu'il en devait résulter une diminution notable dans le volume de l'Océan, il admet qu'à cette époque, la hauteur moyenne des continents au-dessus de la mer devait être bien plus considérable qu'aujourd'hui.

Régime du nord de l'Europe à l'époque glaciaire. — On se rap-

(1) *Geol. Society*, 15 avril 1874.
(2) *Geol. Mag.*, 1874, 180.

pelle que M. J. Croll (1), se basant sur le peu de profondeur de la mer du Nord, a cherché à établir que les grands glaciers de l'Écosse et de la Scandinavie passaient sur le fond actuel de la mer du Nord, puis après avoir couvert le nord de l'Angleterre, l'Écosse et les Orcades, se déversaient dans l'océan Atlantique.

Le même auteur pense (2) que le glacier scandinave, après avoir franchi le Danemark et la mer du Nord, devait couvrir le sud de l'Angleterre d'un manteau continu de glace pour se déverser ensuite dans l'Océan par le canal de Bristol.

—M. Croll (3) a également cherché à se faire une idée de l'épaisseur que pouvait avoir le manteau de glace qui couvrait le nord de l'Europe. L'auteur part de ce principe que, tandis que le mouvement d'un glacier de montagne est surtout déterminé par sa pente, en sorte que l'épaisseur augmente du centre à l'extrémité libre, le mouvement de la glace d'une calotte polaire ne peut guère s'expliquer qu'en admettant une pression venant du centre, c'est-à-dire un accroissement d'épaisseur à mesure qu'on s'éloigne des bords libres. Il paraît du reste que cet accroissement d'épaisseur a été constaté au Groënland. Cela posé, considérant le continent antarctique actuel, qui s'étend à environ 70° de latitude, ce qui fait plus de 2.000 kilomètres à partir du pôle, et admettant que la pente du glacier polaire soit d'un demi-degré, on arriverait à une épaisseur de 19 *kilomètres* de glace au pôle. A l'objection que la chute de neige est moins abondante au pôle, et qu'il n'y a pas les éléments voulus pour l'alimentation d'une telle masse, M. Croll répond que à 64° de latitude méridionale, la limite des neiges perpétuelles est au niveau de la mer, et qu'il suffit d'ailleurs qu'il tombe plus de neige qu'il n'en fond pour qu'une pareille épaisseur soit réalisée.

Pour montrer que de tels chiffres n'ont rien d'inadmissible, l'auteur rappelle qu'on a observé, autour du pôle sud, de nombreux *icebergs* ayant plus de 250 mètres de hauteur visible, ce qui suppose une épaisseur totale de près de 2.000 mètres. Si donc la glace a une telle puissance sur les bords de la calotte, ce doit être bien autre chose quand on se rapproche du pôle.

Or, pour rendre compte de tous les faits observés en Angleterre relativement à l'époque glaciaire, il suffit d'ôter 3 kilomètres de glace au pôle sud et de les transporter au pôle nord. L'auteur pense

(1) *Revue de géologie*, IX, 143.
(2) *Geol. Mag*, 1874, 257.
(3) *Geol. Mag.*, 1874, 306.

que cette accumulation de glace aurait pour résultat de relever le niveau de la mer de 100 ou 200 mètres, et il fait observer à cet égard que les phénomènes glaciaires paraissant toujours liés à des abaissements du niveau des continents, il est bien probable que ces deux ordres de phénomènes doivent être les effets d'une même cause.

M. Croll joint à son travail des considérations sur l'attraction que la glace polaire doit exercer sur les parties fluides de l'intérieur du globe. Ces considérations nous semblent assez hasardées et difficiles à justifier quand on les examine à la lumière des lois de la mécanique.

Climat de l'époque glaciaire. — M. Braun (1) a résumé les faits tirés de l'étude des plantes, et qui semblent prouver qu'un climat plus froid que le nôtre a existé à l'époque quaternaire.

D'abord, dans l'ordre des végétaux actuels, on peut invoquer la présence de quelques plantes boréales dans l'Allemagne centrale et les Alpes méridionales, le caractère arctique de la flore des tourbières des hautes vallées du Jura, établi par M. Ch. Martins (2), enfin la présence, dans le Jura, de quelques plantes alpestres.

Dans l'ordre fossile, les preuves sont moins nombreuses, toutefois on peut remarquer que le Pinus montana est représenté par des cônes dans les formations diluviennes, par exemple à Alleringersleben, tandis que cette espèce fait actuellement défaut dans le Hartz et dans l'Allemagne du Nord. Le Betulanana a été trouvé dans des marnes au sud de l'Angleterre. La fameuse caverne du renne à Schussenried, en Souabe, a fourni deux mousses arctiques, Hypnum sarmentosum et H. fluitans, var. grönlandicum. Mais ce qu'il y a de plus remarquable, c'est le fait signalé par Nathorst (3); quatre arbustes arctiques, Betula nana, Salix polaris, Salix reticulata, Dryas octopetala, ont été trouvés entre Malmoe et Lund dans une marne d'eau douce couverte de tourbe et reposant sur une moraine, par 55° de latitude nord et à 25 mètres seulement au-dessus de la mer. Or aucune de ces espèces, même dans les monts Scandinaves, ne descend aujourd'hui au-dessous de 61°.

(1) *Neues Jahrb.*, 1874, 104.
(2) *Revue de géologie*, IX, 150.
(3) *Actes de l'Université de Lund*, 1870.

QUATRIÈME PARTIE.

GÉOLOGIE GÉOGRAPHIQUE.

La quatrième partie de cette Revue restera consacrée à l'examen des descriptions et des cartes géologiques ; elle comprendra les travaux qui ont plus spécialement pour but de faire connaître la constitution géologique d'un pays ou d'une région.

De même que les années précédentes, nous donnerons quelque développement aux études géologiques relatives à la France.

EUROPE.

ESPAGNE.

Malgré l'agitation politique du pays, la Commission de la *carte géologique* de l'Espagne annonce la publication d'un bulletin et de mémoires. Indépendamment de science pure, on y traitera de géologie appliquée à l'art des mines, à la recherche des eaux, aux constructions et à l'agriculture.

Asturies. — M. Grand (Albert) (1) et M. Virlet d'Aoust (2) ont étudié récemment le bassin houiller du centre des Asturies qui occupe sur le versant septentrional de la chaîne cantabrique une surface d'environ 16 lieues carrées, comprenant les districts de Riosa, Mières, Tudela, Langreo, Siero, Nava, Buirenes, Rey-Aurelio et une partie de ceux de Laviana, Aller, Lena et Quiros. Toute cette région éminement montagneuse est découpée en une série de massifs par des vallées profondes dont la plupart présentent tous les caractères de vallées de fracture. L'étude attentive du sol montre d'ailleurs que son relief n'est pas le résultat d'un seul accident géologique ; avant le soulèvement qui a façonné en dernier lieu le profil actuel de la chaîne pyrénéo-cantabrique, plu-

(1) *Société des Ingénieurs civils*, 1874.
(2) *Rapport sur les concessions houillères de Moréda, province des Asturies*, 15 mai 1873, et *Rapport sur le terrain houiller de Turon, province d'Oviedo*, 15 mai 1873.

sieurs accidents antérieurs ont bouleversé le sol de cette contrée, et il est probable qu'un examen plus complet permettra d'y constater les traces des divers soulèvements déjà signalés par M. Durocher dans la partie orientale de la chaîne.

Le terrain houiller des Asturies, dont les roches constituantes sont le *grès houiller* à base de quartz, *les schistes* plus ou moins compactes, les *poudingues* à galets de quartzite ou de calcaire et enfin le *calcaire de montagne*, paraît appartenir à l'étage inférieur de la formation, celui que l'on désigne généralement sous le nom d'étage du calcaire carbonifère, lequel occupe, dans le nord-ouest de l'Espagne, sur les deux versants de la chaîne cantabrique, une étendue qui ne mesure pas moins de 135 kilomètres, dans le sens de sa longueur, de l'est à l'ouest. Les couches calcaires dominent, il est vrai, dans la partie orientale de la province, où la houille est rare; à mesure qu'elle apparaît en plus grande abondance, on voit se développer en même temps les couches arénacées et schisteuses; mais de même que l'on rencontre des couches de houille au milieu du calcaire carbonifère, ce dernier apparaît également jusque dans les parties du bassin les plus riches en houille. Il est donc probable qu'il n'y a pas lieu d'établir une séparation entre ces divers dépôts, et qu'on doit plutôt considérer le bassin houiller des Asturies comme géologiquement plus ancien que ceux du nord et du centre de la France, de la Belgique et de l'Angleterre. L'examen des fossiles marins, que l'on trouve dans les grès et schistes qui accompagnent certaines couches de houille, ne laisse aucun doute à cet égard; les espèces les plus abondantes sont le Spirifer mosquensis, le Productus semireticulatus et le P. cora (d'Orb.); elles se trouvent accompagnées de quelques bivalves appartenant aux espèces Astarte, Cardiomorpha, Cypricardia et de fragments de Phillipsia Eichwaldi.

L'étude de la stratification présente, d'après M. Grand, quelque difficulté par suite des nombreux accidents qui en ont troublé la régularité. L'inclinaison des couches, toujours très-forte, se maintient généralement entre 60° et 70°; il n'est pas rare de la voir changer plusieurs fois de sens sur une longueur de quelques kilomètres: de Santa Cruz à Moreda dans la vallée d'Aller, on compte sept variations successives; il en est de même dans le haut de la vallée à partir de Collanzo et dans celle du Nalou entre Sama et Pola de Laviana. Il devient par suite assez difficile de saisir les relations qui existent entre les couches ainsi disloquées, dont on ne peut pas toujours suivre les ondulations, et qui ne sont peut-être souvent que les fragments brisés et accolés les uns contre les autres d'une même

série de couches. Aussi convient-il d'apporter une grande prudence dans l'estimation du nombre des couches de houille distinctes que doit contenir le bassin.

Quant aux directions, en écartant celles qui n'ont qu'une importance locale, on peut les ramener d'une manière générale à deux principales; l'une S.-S.-O. à N.-N.-E. caractérise particulièrement la partie méridionale du bassin dans les vallées de la Lena et de l'Aller; on la trouve également au nord-ouest dans la vallée du Caudin où les couches se dirigent S. 10° O. à N. 10° E. La seconde direction O. 10° S. à E. 10° N. est commune à la plupart des couches de la moitié septentrionale du bassin à partir de la vallée de San Juan, et se constate facilement aux environs de Mières et de Sama. Dans la vallée de Turon, située entre la précédente et celle de l'Aller, M. Virlet d'Aoust a signalé la direction O. 18° N. à E. 18° S. qui est celle du système des Pyrénées.

Les couches de houille, généralement assez nombreuses, varient entre les limites extrêmes de 0m,25 et 2m,50. La puissance moyenne prise sur l'ensemble des couches ne dépasse pas 0m,60 à 0m,70. Leur inclinaison moyenne est, comme celle de la stratification, de 60° à 70°. Tous les travaux d'exploitation entrepris jusqu'à ce jour ont eu pour but l'extraction de la houille comprise dans les massifs supérieurs au niveau des vallées; d'après cela, M. Grand pense qu'il n'est pas possible d'apprécier avec quelque certitude la profondeur à laquelle les couches se prolongent au-dessous du sol.

Une particularité intéressante à noter, c'est que, malgré leur origine relativement ancienne, les houilles des Asturies sont de nature grasse, propres à la fabrication du coke métallurgique et du gaz d'éclairage. Il résulte des analyses faites autrefois par Adrien Paillette sur un grand nombre d'échantillons que, dans la partie centrale des Asturies, elles donnent de 59 à 67 p. 100 de coke. Appliquées à la fabrication du gaz d'éclairage, elles fournissent un rendement de 18 à 20 mètres cubes.

ROYAUME-UNI.

Dorset. — M. Mansell-Pleydell (1) a décrit sommairement les étages géologiques du comté de Dorset. La série des formations y est à peu près complète depuis le *lias* jusqu'au terrain *quaternaire*. Le terrain *jurassique* y est surtout bien développé et l'auteur présente un aperçu de ses principales richesses paléontologiques.

(1) *Geol. Mag.*, X, 402, 438.

Budleigh Salterton. — M. Wyatt Edgell a fait connaître quelques mollusques lamellibranches provenant des galets du *conglomérat triasique* de Budleigh Salterton, dont les roches n'ont d'analogues, comme on sait, que dans les terrains paléozoïques de la Bretagne et de la Normandie. Les espèces décrites, dont plusieurs nouvelles, sont les Modiolopsis Armorici, M. Lebesconti, Aviculopecten Tromelini, Pterinæa retroflexa, Lunulocardium ventricosum, etc.

Plusieurs géologues ayant cherché à établir que les blocs du conglomérat n'avaient pu être transportés de France en Angleterre que par des glaciers triasiques, M. Hicks a judicieusement fait observer qu'il serait fort possible que les galets ne fussent pas originaires de Bretagne et qu'ils eussent été empruntés à des massifs que l'ouverture du Pas-de-Calais aurait fait ultérieurement disparaître.

Pas-de-Calais. — M. Prestwich (1) a passé en revue les différents terrains qui existent entre la France et l'Angleterre et à travers lesquels un tunnel sous-marin pourrait être pratiqué. Trois seulement sont d'une nature favorable; l'*argile tertiaire*, dite argile de Londres, connue pour son imperméabilité, mais exigeant, en raison de son affleurement, un parcours de 128 kilomètres; la *craie inférieure*, dans laquelle M. Prestwich n'aurait cependant pas assez de confiance pour conseiller de la percer; enfin les *terrains paléozoïques*, dans lesquels il lui semble, en se fondant sur l'exemple des mines de houille du bassin de Mons, qu'on cheminerait à coup sûr, protégé par les terrains crétacés; mais alors il faudrait creuser le souterrain à une profondeur d'au moins 200 mètres, tandis que le détroit n'en a pas plus de 60.

M. Prestwich laisse d'ailleurs complétement de côté la question des *failles*.

Il est bon d'ajouter que la plupart des géologues ne partagent pas les craintes de l'auteur à l'endroit de la craie inférieure et que, en dehors de l'existence d'une faille, cette roche leur paraît généralement très-propre à la construction d'un tunnel sous-marin. C'est, notamment, ce qu'a fait ressortir M. Topley (2) dans une publication où, mettant en parallèle les diverses couches du terrain crétacé sur les deux rives du Pas-de-Calais, il fait voir que la *craie inférieure* y présente une constance de caractères propre à justifier la confiance en sa régularité.

(1) *Geol. Mag.*, 1874, 34.
(2) *The geology of the straits of Dover*, 1872.

FRANCE.

Le service de la *Carte géologique* de France, institué sous la direction de M. Élie de Beaumont, a publié une première série de documents relatifs à la région qui avoisine Paris (1). 12 feuilles au 80.000e font partie de cette série : ce sont celles de Rouen, Beauvais, Soissons, Évreux, Paris, Meaux, Chartres, Melun, Provins, Châteaudun, Fontainebleau et Sens. Avec ces feuilles sont publiées diverses planches de coupes longitudinales au 10.000e, ayant la même échelle pour les hauteurs et les longueurs, des planches de sections verticales avec indication détaillée des particularités minéralogiques et des fossiles, des perspectives photographiques des carrières et des reproductions photographiques de fossiles éocènes. Chaque carte est accompagnée d'une légende géologique et d'une notice explicative. Divers tableaux de généralités font connaître le système général du travail, où les divers documents sont coordonnés entre eux de la façon la plus étroite.

Le travail a été exécuté sous la direction de M. Élie de Beaumont et de M. B. de Chancourtois, par MM. Edmond Fuchs, A. Potier, A. de Lapparent, H. Douvillé et F. Cléraut, avec le concours de MM. Guyerdet et Jedlinski. On a eu soin d'indiquer, tant sur la marge des feuilles que dans les notices, tous les travaux antérieurs qui ont pu être mis à profit.

Pays de Bray. — M. de Lapparent (2) a publié la première partie d'un mémoire descriptif sur le pays de Bray. Après une introduction destinée à faire comprendre la structure topographique si particulière de cette région, l'auteur examine l'un après l'autre les différents étages géologiques dont elle est composée et qui sont, de haut en bas : les dépôts meubles et alluviens, l'argile à silex, la craie blanche, la craie marneuse, la craie glauconieuse, la gaize, le gault, les sables verts, les argiles panachées, les grès ferrugineux et les argiles à poteries, les sables blancs avec argiles réfractaires, les grès portlandiens à Trigonia gibbosa, les marnes et grès du portlandien inférieur, les argiles, lumachelles et calcaires compactes à Ostrea virgula.

Charente. — M. Arnaud (3) a donné une coupe géologique des tranchées ouvertes par la Compagnie des chemins de fer d'Or-

(1) Paris. Imprimerie nationale.
(2) *Mémoires publiés par le service de la Carte géologique de France.* Imprimerie nationale, 1873.
(3) *Bull. Soc. géol.* [3], 1, 405.

léans dans la craie de la Charente. Cette coupe embrasse les sections de Coutras à Brives, d'Angoulême à Bordeaux et de Périgueux à Agen.

TARN-ET-GARONNE. — M. Magnan avait cru reconnaître, dans le Tarn-et-Garonne, sur les bords de l'Aveyron, une série de cargneules, de dolomies et de calcaires représentant le zechstein permien. M. Péron (1) pense au contraire que ces couches appartiennent en réalité à la base du *lias* et sont amenées au contact du grès bigarré par suite d'une grande faille.

La même faille aurait produit, sur un autre point, un mélange accidentel des fossiles des divers étages du lias, que M. Magnan avait considéré comme un fait normal pour la région.

Les argiles gypsifères de Varey, rangées par la plupart des géologues dans le trias, sont considérées par M. Péron comme appartenant au terrain *éocène*.

Enfin, pour le même auteur, la concordance et la continuité de stratification, signalées par M. Magnan entre les couches sédimentaires du sud du plateau central, n'existent pas.

MONT LOZÈRE. — M. G. Fabre (2) a publié des coupes du plateau granitique du mont Lozère qu'il pense avoir été recouvert par la mer de l'*infra-lias* et par celle de l'*oolithe inférieure*. En effet, le mont Lozère est entouré d'un grand nombre de témoins de ces deux époques géologiques, en couches presque horizontales, venant buter par failles contre les roches cristallines et n'offrant pas un faciès litoral.

PYRÉNÉES. — D'après M. Leymerie (3), il y a, sur le versant français des Pyrénées, une zone presque continue de calcaires marmoréens, divisée par la Garonne en deux parties; dans la partie orientale, le calcaire cristallin est associé à d'autres calcaires renfermant des fossiles secondaires. Les calcaires de la partie occidentale sont d'un âge antérieur, celui du pays de Labourd étant primordial et associé au granite, tandis que le marbre blanc de Laruns paraît appartenir au carbonifère.

M. Leymerie est disposé à ranger le marbre de Saint-Béat, avec celui de Labourd, dans le terrain primitif.

— M. Garrigou (4) a donné un résumé de la géologie des Pyrénées depuis la partie orientale du département des Hautes-Pyrénées jusqu'à l'ouest de celui de l'Aude.

(1) *Bull. Soc. géol.* [3], II, 85.
(2) *Bull. Soc. géol.* [3], 306.
(3) *Comptes rendus*, LXXVIII, 8 juin 1874.
(4) *Bull. Soc. géol.* [3], I, 418.

M. **Garrigou** regarde les granites des Pyrénées comme des roches métamorphiques antésiluriennes. Il affirme la présence du terrain *carbonifère*, représenté par des schistes et des calcaires marmoréens à Amplexus et à Productus, et celle du *trias* sous la forme de grès rouge et d'argiles gypsifères avec ophite. Le *miocène* sous-pyrénéen serait, paraît-il, disloqué et redressé en divers endroits. M. **Garrigou** admet en outre l'existence d'une période glaciaire miocène.

LANDES, MEURTHE-ET-MOSELLE. — La perte des riches mines de Dieuze donne quelque intérêt aux recherches de *sel gemme* qui ont été entreprises en France dans ces dernières années; c'est à ce titre que nous résumerons quelques sondages exécutés par M. **Lippmann** (1). L'un à Dax dans les Landes a de nouveau rencontré le *sel gemme*.

Les cinq autres ont été faits dans le département de Meurthe-et-Moselle et tous ont traversé le *sel gemme* sur de fortes épaisseurs, particulièrement à la Neuveville, à Sainte-Valorée et surtout à Varangeville. Bien qu'ils se trouvent à des distances assez petites l'un de l'autre, ils ne peuvent pas toujours être repérés; ce résultat tient en partie à ce que les coupes n'ont pas été dressées par le même maître sondeur, et surtout aux grandes variations que présentent dans leurs épaisseurs le gypse, le sel et en général les dépôts des marnes irisées.

Dax (LANDES).	ÉPAISSEUR.	PROFONDEUR.	**Sommervillers.**	ÉPAISSEUR.	PROFONDEUR.	**Dombasle.**	ÉPAISSEUR.	PROFONDEUR.
	mètres	mètres.		mètres.	mètres.		mètres.	mèt.
Sable gris des Landes.	8,70	0,00	Grès gris jaunâtre.	9,60	0,00	Galets d'alluvion.	11,77	»
Argile légèrement tourbeuse.	1,06	8,70	Marnes bigarrées gypseuses.	28,33	9,60	Marne rouge et grise.	29,23	11,77
Tourbe.	0,30	9,76	Gypse rouge et gris.	16,63	37,93	Gypse rouge et blanc.	2,50	41,00
Argile un peu tourbeuse.	2,34	10,06	Marne noire salée gypseuse.	1,88	54,56	Marne sableuse.	5,70	43,50
Argile sableuse et graviers.	8,17	12,40	Gypse gris.	1,77	56,44	Gypse avec marne gris rougeâtre.	8,98	49,20
Gravier empâté d'argile.	0,50	20,57	Marne noire salée, gypseuse.	2,49	58,21	Sel gris, blanc et rose.	1,42	58,18
Sable et gravier.	3,93	21,07	Gypse avec marne grise.	6,80	60,70	Marne et plaquette de sel.	1,59	59,60
Argile sableuse.	6,06	25,00	Marne argileuse.	3,50	67,50	Marne avec gypse et sel.	0,81	61,19
Sable gris-bleu argileux avec gravier et galets.	8,94	31,06	Sel blanc rosé.	1,50	»	Marne et calcaire.	0,40	62,00
Argile grise avec rognons de gypse.	7,13	40,00	Sable avec marne argileuse.	0,84	72,50	Sel.	4,06	62,40
Sel gemme dur.	32,81	47,13	Gypse avec sel dur.	0,66	73,34	Marne grise et sel.	3,80	66,46
			Sel.	3,14	74,00	Sel.	7,84	70,26
						Marne sableuse et sel.	1,78	78,10
						Sel.	5,40	79,88

(1) Voir aussi XI, 155, *Revue de géologie*.

Varangeville-Saint-Nicolas.	ÉPAISSEUR.	PROFONDEUR
	mèt.	mèt.
Terre végétale. . .	6,80	»
Calcaire.	3,55	6,80
Marne et gypse. .	10,35	10,35
Calcaire et gypse.	12,45	20,70
Marne et gypse. . .	6,05	33,15
Marne bleue avec gypse.	5,25	39,20
Marne et gypse salé.	6,45	44,45
Gypse et marne. .	9,55	50,90
Marnes irisées. . .	13,45	60,45
Marne rouge. . . .	5,70	73.90
Sel.	3,30	79,60
Marne.	1,15	82,90
Sel.	1,60	84,05
Marne.	0,10	85,65
Sel.	14,90	85,75
Marne.	1,65	100.65
Sel.	7,40	102,30
Marne salée. . . .	1,16	109,70
Sel.	9,00	110,86
Marne salée. . . .	2,50	119,86
Sel.	2,60	122,36
Marne salée. . . .	3,00	124,96
Sel.	3,10	127,96
Marne grise. . . .	3,00	131,06
Sel.	3,45	134,06
Marne rouge. . . .	2,55	137,51
Sel gris.	3,00	140,06
Marne.	3,00	143,06
Sel.	21,00	146,06
Marne.	7,04	167,06

Sainte-Valorée.	ÉPAISSEUR.	PROFONDEUR.
	mèt.	mèt.
Remblai et terre végétale.	0,70	»
Argile.	1,30	0,70
Sable et graviers.	2,00	2,00
Marne et calcaire du lias.	6,80	4,00
Argile.	16,50	10,80
Argile grise et grès.	7,70	27,30
Marne argileuse. .	8,80	35,00
Argile verdâtre et grès.	2,35	43,80
Argile et grès dur.	4,55	46,15
Marne schisteuse verdâtre.	2,80	50,70
Grès jaunâtre. . .	6,10	53,50
Argile verdâtre. .	1,10	59,60
Grès jaune.	2,00	60,70
Argile et marne. .	10,50	62,70
Grès aquifère. . .	4,10	73,20
Marne avec gypse et dolomie. . . .	3,01	77,30
Marne avec gypse et grès.	20,69	80,31
Marne et gypse. .	2,00	101,00
Calcaire dolomitique.	8,95	103,00
Marne verte et gypse.	3,20	111,95
Argile et marne. .	10,45	115.15
Calcaire gréseux et gypse.	6,90	125,60
Marne et gypse. .	14,50	132,50
Argile rouge. . . .	2,40	147,00
Marne avec gypse.	13,07	149,40
Gypse et marne légèrement salée.	5,53	162,47
Gypse et grès marneux.	4,00	168,00
Sel gris avec rognons de marne.	7,70	172,00
Argile grise salée.	1,90	179,70
Sel blanc.	2,10	181,60
Argile grise salée.	2,45	183,70
Sel blanc.	13,12	186,15
Argile grise salée.	1,03	199,27
Sel blanc.	0,50	200,30
Argile grise salée.	1,20	200,80
Sel blanc.	2,10	202,00

Laneuveville.	ÉPAISSEUR.	PROFONDEUR.
	mèt.	mèt.
Terre végétale et sable.	1,30	»
Argile marneuse, grès et sable. . .	5,84	1,30
Marne et calcaire du lias avec grès.	7,86	7,14
Marne bleue. . . .	24,60	15,00
Calcaire dolomitique et gypse. . .	3,15	39,60
Gypse blanc. . . .	10,14	42,75
Argile et marne avec calcaire gréseux.	11,72	52.89
Grès marneux et marne.	21,06	64,61
Conglomérats et marne.	11,50	85,67
Gypse et argile. . .	14,15	97,17
Calcaire avec argile et marne salée.	6,78	111,32
Marne et gypse. . .	25,38	118,10
Calcaire gris. . . .	4,74	143,48
Marne argileuse .	10,16	148,22
Calcaire gris et gypse.	1,15	158,38
Marne gypseuse. .	1,25	159,53
Marne avec gypse et calcaire. . . .	11,48	160,78
Marne et gypse. .	4,38	172,26
Marne gypseuse. .	25,74	176,64
Sel gris.	8,99	202,38
Marne salée. . . .	1,56	211,37
Sel blanc.	4,17	212,93
Marne salée. . . .	1,65	217,10
Sel gris.	11,60	218,75

GRAY. — Dans les environs de Gray (Haute-Saône), Mr E. Perron (1) a retrouvé les principaux étages du terrain crétacé, qui sont bien reconnaissables, d'après leur stratigraphie, d'après leur caractère minéralogique et surtout d'après leurs fossiles.

Immédiatement au-dessus de la *dolomie portlandienne* qui termine, dans les environs de Gray, la série jurassique, apparaissent, sans transition, quoiqu'en stratification concordante, des marnes bleuâtres et grisâtres qui représentent *l'étage néocomien*. La plus grande puissance de l'ensemble de ces couches marneuses ne paraît pas dépasser une dizaine de mètres. Leurs affleurements se montrent à Pontailler-sur-Saône (Côte-d'Or), sur les bords de l'Ognon, près d'Ougney (Jura), à Sauvigney-les-Pesmes, Chevigney, Germigney, le Tremblois, Valay, Champtonnay, Venère, Choye, Velloreille-les-Choye et Virey.

Les fossiles y sont partout très-abondants ; on y rencontre notamment les suivants :

Belemnites (nov. spec.) espèce de forte taille.
Nautilus pseudo-elegans... d'Orb.
Ammonites Desori. . . . . . Pictet.
— A. Arnoldi. . . . Pictet.
— A. Astierianus . d'Orb.
— A. Carteroni . . d'Orb.
Scalaria neocomiensis. . . de Lor.
Pleurotomaria Favrina. . . de Lor.
— P. neocomiensis. de Lor.
— P. Saleviana. . . de Lor.
Panopea arcuata.. . . . . . Agass.
— neocomiensis. . . d'Orb.
Pholadomya elongata. . . . Munst.
Goniomya caudata . . . . . Agass.
Tellina Carteroni.. . . . . . d'Orb.
Venus Sub-Brongniartina. . d'Orb.
— Vendoperana . . . . Legm.
— Thurmanni. . . . . . de Lor.
Astarte gigantea. . . . . . . Desh.
— Beaumonti. . . . . . Leym.
Cyprina Bernensis. . . . . . Leym.
Cardita neocomiensis . . . . d'Orb.
Trigonia caudata.. . . . . . Agass.
Lucina Dupiniana. . . . . . d'Orb.
Isocardia Studeri.. . . . . . de Lor
Corbis corrugata.. . . . . . . d'Orb.
Unicardium inornatum. . . d'Orb.
Crassatella Robinaldina. . . d'Orb.
Arca securis. . . . . d'Orb.
Arca Gresslyi . . . . de Lor.
— Cornueliana. . . . . . . d'Orb.
Nucula Cornueliana. . . . . d'Orb.
Lima Dupiniana. . . . . . . d'Orb.
— Carteroniana. . . . . . d'Orb.
Pecten Goldfussi . . . . . . Desh.
— crassitesta. . . . . . Roem.
— Robinaldinus.. . . . d'Orb.
Hinnites Leymerii. . . . . . Desh.
Janira neocomiensis.. . . . . d'Orb.
Ostrea Couloni. . . . . d'Orb.
— Boussingaulti . . . . d'Orb.
— macroptera. . . . . . Sow.
— Tombeckiana. . . . . d'Orb.
— rectangularis. . . . . Roem.
Rhynchonella depressa. . . d'Orb.
Terebratula acuta. . . . . . Quenst.
Echinospatagus granosus. . d'Orb.
Phillobrissus Renaudi. . . . de Lor.
— Gresslyi. . . . Cott.
Echinobrissus Olfersii. . . . d'Orb.
Pseudo-diadema rotulare. . Cott.
Collyrites ovulum. . . . . . Desor.
Peltastes stellulatus. . . . . Agass.
Pseudodiadema Guirandi. . Cott.
Holectypus macropygus. . . Des.
Pyrina incisa. . . . . Des.
Cyphosoma Perroni.. . . . . Cott.

(1) Lettre du 5 novembre 1874 adressée à M. Delesse.

Cidaris muricata. . . . . . . Rœm.	Holaster intermedius. . . . Agass.
Acrosalenia patella. . . . . . Des.	

Pour donner la physionomie complète de la faune néocomienne, il faut ajouter qu'elle est riche en serpules et en spongiaires, et qu'on y rencontre un grand nombre d'autres mollusques dont l'état de conservation rend la détermination difficile, et qui appartiennent aux genres Ammonites, Natica, Trochus, Pterocerus, Mytilus, Avicula, Inoceramus, Plicatula, etc.

Les marnes néocomiennes sont recouvertes par une série de couches, d'abord sablonneuses et renfermant une grande quantité de petits cailloux ou graviers quartzeux, de toutes couleurs, assez régulièrement arrondis ; puis marno-ferrugineuses, de nuances variées, avec fossiles à l'état de moules phosphatés et nodules de phosphate de chaux. Ce sont les *sables verts* ou la partie inférieure de l'*étage albien* qui se montre à Pontailler-sur-Saône (au mont Ardoux) au Tremblois, à Virey, à Choye, à Bucey-les-Gy et à Beaujeux.

Les fossiles de cet horizon géologique sont :

Pycnodus, Strophodus, Spherodus, } dents abondantes.	Arca carinata. . . . . Sow.
Ammonites Beudanti. . . . . d'Orb.	Inoceramus concentricus. . . Park.
— Milletianus. . . . d'Orb.	— sulcatus. . . . . Park.
Panopea acutisulcata. . . . . d'Orb.	Ostrea aquila. . . . . d'Orb.
Avellana subincrassata. . . . d'Orb.	— canaliculata. . . . . . d'Orb.
Arca Cottaldina. . . . . d'Orb.	Nucula pectinata. . . . . . . Sow.
	Plicatula radiola. . . . . Lamk.

Il faut y ajouter un grand nombre d'autres espèces, plus ou moins déterminables, appartenant aux mêmes genres ainsi qu'aux genres Turritella, Rostellaria, Pecten, Venus, Cytherea, etc.

Ces couches sont surmontées par des argiles, gris bleuâtres, à fossiles le plus souvent pyriteux, dont la puissance totale, difficile à apprécier par suite des dénudations, n'est pas inférieure à 15 ou 20 mètres, d'après de récents sondages faits dans les bois de Vadans, pour la recherche du minerai de fer. Ces argiles, qui représentent l'étage du *Gault* ou l'*Albien supérieur*, sont généralement recouvertes par un dépôt argileux de l'époque glaciaire avec lequel il est d'ailleurs facile de les confondre sur les surfaces cultivées. On peut toutefois en constater l'existence certaine à Vitreux (Jura), à Echevanne, à Bucey-les-Gy et à Vadans; elles sont même exploitées pour la fabrication des tuiles dans les trois premières de ces localités.

Les fossiles les mieux déterminés de cette zone de l'Albien supérieur, sont :

Odontaspis gracilis	Agass.	Ammonites interruptus	Brug.
Notopocorystes Mantelli	M' Coy.	— latidorsatus	Mich.
Ptychoceras Barrensis	Buv.	— Gossianus	Pictet.
Belemnites minimus	Lister.	Cerithium tuberculatum	Forb.
Nautilus Clementinus	d'Orb.	Dentalium Rhodani	Pictet.
Ammonites mammillatus	Schl.	Corbula elegans	d'Orb.
— Milletianus	d'Orb.	Trochocyathus conulus	Edw. et Haine.
— quercifolius	d'Orb.		

Il y a aussi d'autres espèces appartenant aux genres Ptychoceras, Toxoceras, Hamites, Nucula, Plicatula, et on trouve en outre de nombreuses serpules.

Lorsque la dénudation n'a pas été complète, on voit reposer sur les argiles du Gault des bancs de calcaires crayeux, d'un blanc jaunâtre, représentant la *craie chloritée* ou l'étage *cénomanien*, dont l'épaisseur est encore incertaine, faute de coupes. Ces calcaires apparaissent à Pontailler-sur-Saône, à Montseugny, à Echevanne, entre Gy et Charcenne, à Vantoux et à Velleclaire. Parmi les fossiles qu'ils contiennent, les plus remarquables sont :

Scaphites æqualis	Sow.	Terebratella Menardi	d'Orb.
Turrilites costatus	Lamk.	Discoidea subuculus	Kl.
Terebratula lima	Defr.	Peltastes clatratus	Cott.
— biplicata	Defr.	Hemiaster Perroni	Etal.
— lacrymosa	d'Orb.	— Trecensis	Cott.
Rhynchonella pisum	d'Orb.	Echinocyphus rostratus	Cott.

Un assez grand nombre d'autres fossiles, Nautilus, Ammonites, Inoceramus, Pecten, Ostrea, Anomya, Terebrirostra, etc., complètent cette faune.

Enfin la craie chloritée est elle-même recouverte par un calcaire blanc, veiné, qui se montre au sommet du monticule séparant les communes de Velleclaire et de Vantoux, calcaire dans lequel il n'a été recueilli jusqu'ici que des débris de térébratules. Cette dernière assise doit représenter la *craie blanche* qui, dans le bassin de la Saône, semble disparaître sous le terrain tertiaire d'eau douce dont les assises offrent des affleurements à Longevelle, à quelques centaines de mètres du monticule de Vantoux.

L'étude géologique du terrain crétacé des environs de Gray présente un intérêt particulier, car ce terrain s'est déposé dans le détroit qui sépare les Vosges du Morvan et vers la limite du bassin parisien ainsi que du bassin rhodanien, entre lesquels il paraît indiquer une ancienne communication.

Dauphiné. — MM. Garnier et Vélain (1) ont donné un compte rendu détaillé, avec essai de carte géologique au 200.000e, de la réunion tenue par la Société géologique de France dans les Basses-Alpes, en 1872.

Les auteurs ont distingué sur leur carte les étages suivants :

8. Mollasse, marine et d'eau douce.
7. Calcaires d'eau douce.
6. Terrain tertiaire marin (nummulitique, flysch, tongrien inférieur).
5. Terrain crétacé supérieur (craie et cénomanien).
4. Néocomien.
3. Calcaires à Terebratula janitor.
2. Terrain jurassique supérieur (à Terebratula moravica).
1. Terrain jurassique (oxfordien, oolithe et lias).

En outre, dix failles différentes y sont tracées, quelques-unes sur un très-long parcours.

Alpes Maritimes. — M. Coquand (2) croit avoir reconnu l'étage *garumnien* dans les Alpes-Maritimes, aux environs de Grasse et de Vence, où il est formé, à la base, par des grès et des argiles rouges manganésifères, avec gisements exploités de pyrolusite, au sommet par des poudingues à cailloux calcaires. Cet ensemble manque de fossiles, mais paraît lacustre et est recouvert transgressivement par le terrain nummulitique à Orbitolites sella.

Cependant, tandis que M. Coquand, conservant l'ancienne manière de voir des géologues sur le nummulitique de Biarritz, regarde ce terrain à orbitolites comme suessonien, MM. Tournoüer et Bayan le considèrent comme appartenant à l'éocène supérieur; en sorte que la place des couches rouges n'est pas encore suffisamment déterminée.

Corse. — M. Locard (3) a recueilli en Corse, aux environs de Bonifacio et de Saint-Florent, une série de fossiles tertiaires que M. Tournoüer a reconnus comme *miocènes;* on y trouve notamment le Pecten Burdigalensis.

A Aleria, on observe un gisement du même âge avec Clypeaster altus. Enfin, à Casabianca, il semble qu'on ait affaire à un niveau supérieur et il y a mélange d'espèces miocènes et *pliocènes*. Cependant M. Tournoüer ne croit pas que la faune de cette localité soit miocène.

---

(1) *Bull. Soc. géol.* [2], XXIX.
(2) *Bull. Soc. géol.* [3], I, 179.
(3) *Bull. Soc. géol.* [3], I, 236.

MONT CENIS. — M. Lory (1) a repris l'étude de la coupe du Mont Cenis. Il affirme l'existence, entre le système des gypses, d'une part, et celui des schistes lustrés, d'autre part, d'une faille qui ne se traduit pas, à la vérité, dans le parcours du tunnel, par une différence d'inclinaison, mais qu'il est facile de reconnaître aux affleurements sur la montagne. Pour lui, les grès anthraxifères appartiennent au *terrain houiller*, et les schistes lustrés font partie du *trias*, dont ils constituent la partie supérieure.

SUISSE.

RALLIGSTÖCKE. — M. Ernest Favre (2) avait décrit comme tertiaires, d'après des raisons stratigraphiques, certaines couches des Ralligstöcke; mais M. Ooster (3) annonce qu'il a trouvé dans ces couches les fossiles suivants : Aporrhaïs varicosa, Ammonites Bravaisianus, Baculites anceps, c'est-à-dire des espèces crétacées.

De même, M. Ooster déclare posséder du calcaire de Châtel une empreinte nette d'Ammonites biplex et un Apiocrinus polycyphus.

ALPES VAUDOISES. — M. Ernest Favre (4) a décrit les systèmes de *voûtes* et de *failles* qui se présentent dans les Alpes Vaudoises depuis la montagne des Pléiades, près de Vevey, jusqu'au col du Pillon. Ce massif comprend les terrains secondaires depuis le *trias* jusqu'à la *craie*, et le *flysch*.

SAINT-GOTHARD. — M. de Fritsch (5) a publié une description géologique détaillée du Saint-Gothard, avec coupes et carte au 50.000ᵉ. L'auteur divise le massif central du Saint-Gothard en trois zones parallèles. La zone septentrionale est formée de gneiss et de micaschistes; la zone moyenne, de roches feldspathiques avec filons granitiques; la zone méridionale, de roches peu feldspathiques, plus ou moins riches en amphiboles, en micas et en grenats. M. de Fritsch, contrairement à M. Giordano et aux divers géologues qui ont étudié cette région, repousse toute idée de métamorphisme pour les roches du Saint-Gothard.

(1) *Bull. Soc. géol.* [3], I, 266.
(2) *Archives des sc. Bibl. univ. de Genève*, 1872.
(3) *Neues Jahrbuch*, 1873, 167.
(4) *Actes Soc. helvét.* Schaffhouse, 1873, 85.
(5) *Revue géol. suisse*, IV, 276.

GLAERNISCH. — M. Baltzer (1) a publié une description du massif du Glaernisch, qui est très-intéressant par la nature complexe de ses formations et de ses contournements. Ce massif, uniquement composé de dépôts sédimentaires, renferme des représentants de presque tous les terrains alpins de la Suisse orientale.

ALLEMAGNE.

VALLÉE DU RHIN. — D'après M. Ramsay (2), la vallée du Rhin, pendant certaines parties de l'époque miocène, avait sa pente dirigée du nord au sud, depuis les collines dévoniennes de Bingen jusqu'à la portion de la Suisse aujourd'hui occupée par les formations miocènes. A la fin de cette période, le sens du courant fut renversé, en sorte qu'après avoir franchi la contrée qui sépare le lac de Constance de Bâle, le fleuve dut traverser, entre Bâle et Mayence, une plaine miocène dont il a laissé les débris sur ses deux rives, avant de se frayer un passage par une gorge étroite à travers les roches dévoniennes du Taunus et du Hundsrück.

STASSFURT. — Le grand développement pris, dans ces dernières années, par l'industrie de la potasse a déterminé la formation de plusieurs compagnies particulières, se proposant de faire concurrence aux exploitations entreprises par la Prusse et par le duché d'Anhalt; leurs recherches ont permis de connaître d'une manière plus complète le *gîte salifère* si important de Stassfurt, et les résultats obtenus depuis la publication du travail de M. F. Bischof en 1864, ont été résumés par M. Prietze (3).

La carte de la province de Saxe, par M. Ewald, donne d'une manière générale la géologie de la région qui s'étend autour de Stassfurt. On voit que Stassfurt se trouve dans le sud d'un bassin rempli par le trias et par des couches plus récentes, et s'étendant au nord-ouest vers le Brunswick. Le *grès bigarré* inférieur y présente un soulèvement en forme de selle qui s'étend suivant une direction nord-ouest, passe par Rathmannsdorf, Stassfurt, Egeln, Hadmersleben, et, à partir de ce dernier point, se bifurque vers le nord-ouest, puis vers l'ouest. Les couches du grès bigarré sont composées de schistes rouges, de grès, de calcaires oolithiques, et elles plongent des deux côtés de la selle, au nord-est et au sud-

---

(1) *Der Glaernisch*, 1873. — *Revue géol. suisse*, IV, 279.
(2) *Geol. Society*, 4 février 1874.
(3) *Zeitschrift für das Berg-Hütten u. Salinen-Wesen*; 1873, p. 119.

ouest. Vers le nord, à Magdebourg, apparaît la *grauwacke*, ainsi que le *Rothliegende* avec le *Zechstein*, et il en est de même au sud, vers le Hartz, où toutes les couches jusqu'à la *craie* ont été fortement redressées. Les recherches faites jusqu'à présent montrent que le *sel gemme* est en stratification concordante avec le *grès bigarré* qui le recouvre et qu'il en suit la direction ainsi que le plongement.

La *Carnallite* et la *Kiéserite*, qui se trouvent à la partie supérieure du gîte du sel gemme de la Prusse, sont remplacées, à la mine d'Anhalt, par de la *Kainite*



$$KO, SO^3 + MgO, SO^3 + MgCl + 6HO.$$

qui est d'ailleurs plus ou moins mélangée de chlorure de sodium. Cette Kainite forme une lentille avec du sel gemme, de la Sylvine et de la Kiéserite et on lui donne le nom de sel dur (*Hartes Salz*).

M. Prietze pense que la Kainite, qui est la moins soluble, provient d'une modification, par voie humide, des sels de la région de la Carnallite. En effet, on peut observer des passages insensibles des couches de Carnallite, soit à des sels contenant de la Sylvine, soit à de la Kainite, lorsque la Carnallite est imprégnée d'une grande quantité de Kiéserite.

Nous observerons de plus que la position de la Kainite dans le gisement vient bien justifier cette hypothèse; car la Kainite se trouve à un niveau plus élevé que la Carnallite, en sorte qu'elle devait d'abord être traversée par les infiltrations souterraines provenant des eaux de la surface qui dissolvaient les sels les plus solubles et allaient ensuite les déposer dans les mêmes couches, mais à un niveau plus bas.

Jusqu'à présent, du reste, on n'a pas trouvé la Kainite en quantité notable dans les travaux de la Prusse qui sont en contre-bas de ceux d'Anhalt.

Au sondage Riebeck, à 1.400 mètres du puits de la Prusse et sur le côté oriental de la selle, après avoir traversé une faible épaisseur de terrain de transport, on est resté dans le grès bigarré inférieur jusqu'à 230 mètres; on a alors atteint le gypse et l'anhydrite alternant avec des argiles rouges et gris bleuâtres, puis on est entré dans le gîte de sel vers 242 mètres.

Voici d'ailleurs les résultats de deux sondages qui ont été faits, l'un par la compagnie Agathe, l'autre par la compagnie Douglas :

Agathe.	ÉPAISSEUR.	PROFONDEUR.	Douglas.	ÉPAISSEUR.	PROFONDEUR.
	mètres.	mètres.		mètres.	mètres.
Argile bleue	5,0	5,0	Gypse	30,2	30,2
Grès	18,0	23,0	Anhydrite	31,4	61,6
Argile schisteuse et argile	33,5	56,5	Argile salifère gris noirâtre	64,3	125,9
Argile et gypse	57,7	114,2	Glaubérite	1,2	127,1
Gypse	26,5	140,7	Argile salifère	10,2	137,3
Gypse avec sel gemme	4,1	144,8	Sel gemme et sel de potasse	4,3	141,6
Argile gris foncé avec veines de gypse	10,5	155,3	Argile salifère	21,4	163,0
Sel gemme et sel de potasse	5,0	160,3	Sel gemme et sel de potasse	5,0	168,0
Sel gemme	14,5	174,8	Argile salifère	14,5	182,5
			Sel gemme et sel de potasse	37,5	220,0

On voit que ces deux sondages ont rencontré les sels de potasse. Dans le sondage Douglas, l'argile salifère comprend plusieurs couches de sel gemme différentes, et sur plus de 1 mètre d'épaisseur, on a trouvé de la glaubérite ($NaO, SO^3 + CaO, SO^3$).

AUTRICHE-HONGRIE.

KARST. — M. Tietze (1) a étudié le *Karst*, contrée comprise entre Carlstadt en Croatie et la partie septentrionale du canal de la Morlacca. Cette région est surtout triasique, avec prédominance des dolomies et des calcaires. Les roches sont très-fissurées et, malgré une chûte abondante de pluie, qui dépasse $1^m,20$ par an, il est impossible qu'il s'y établisse un système de rivières, les eaux disparaissant par des fissures, quelquefois pour reparaître plus loin. Il y a aussi des lacs périodiques qui apparaissent après des pluies prolongées ou des fontes de neige et qu'on attribue au déversement des réservoirs souterrains lorsqu'ils sont trop pleins. Il n'y a pas de sources, et les citernes sont le seul moyen d'avoir de l'eau pour les habitants.

RUSSIE.

MOSCOU. — M. Trautschold (2) a donné une description géologique du gouvernement de Moscou. On y peut distinguer qua-

(1) *Jahrb. d. k. k. g. R.*, 1873, XXIII, 27.
(2) *Neues Jahrbuch*, 1873; 209. — *Zeit. d. d. g. G.*, XXIV, 361.

tre principaux groupes de sédiments : le calcaire *carbonifère*, le terrain *jurassique*, la *craie* et les *dépôts* de remaniement *modernes*. Les formations crétacées paraissent appartenir à l'époque du gault et à celles du grès vert et de la craie inférieure. Quant aux dépôts de remaniement, rangés jusqu'ici sous la dénomination d'alluvions et de diluvium, l'auteur, après avoir établi qu'ils ne résultent pas d'un transport et que ce sont les débris, accumulés sur place, des formations sous-jacentes peu à peu altérées et lavées par les eaux, a proposé de les désigner sous le nom d'*Eluvium*.

BESSARABIE. — M. Sintsov (1) a complété les études comparatives faites par M. Barbot de Marni sur le plateau volhyno-podolien et le bassin de Vienne. D'après l'auteur, le *silurien* du Dniester est formé de quartzites et de calcaires cristallins fossilifères fortement relevés et paraissent appartenir, par leurs espèces fossiles, au nombre de 48, à l'horizon anglais de Wenlock et de Ludlow.

La *craie cénomanienne* du Bas-Dniester et du Pruth est constituée par une masse de 50 mètres de marnes grises à silex, un peu glauconieuses et bitumineuses, et dont l'identité avec le plæner d'Allemagne n'est pas douteuse. On y trouve Ostrea conica, O. columba, Pecten orbicularis, et des spongiaires.

Le tertiaire *miocène* est composé de calcaires à Odessa, de grès et de calcaires à Kerson, exclusivement de grès à Balta; un seul horizon y est représenté, celui du groupe *aralo-caspien* de Murchison ou groupe *pontien* de Barbot de Marni. C'est l'analogue du calcaire à congéries du bassin de Vienne; les couches de grès et celles de calcaire ne sont que les deux facies d'un même dépôt, avec quelques différences dans la faune à cause de leur origine différente. Il est donc inexact de prétendre que les premières appartiennent au miocène et les secondes au pliocène. Le calcaire est oolithique avec bancs marneux très-fossilifères et bancs à nullipores (Pleuropora lapidosa). Les sables renferment Dinotherium proavus, Mastodon intermedius, etc. Au sommet le miocène se relie aux restes, probablement pliocènes, des anciens débordements du Dniester, ainsi qu'aux alluvions modernes.

---

(1) *Mémoires de la Société d'hist. nat. de la Nouv. Russie*, I, 3, 1873. Odessa. Résumé par MM. L. Léger et G. Dollfus.)

AFRIQUE.

MAROC.

Tanger, El Araïch, Meknés. — M. le docteur Bleicher (1) a accompagné M. Tissot, consul de France, dans un voyage au Maroc et a pu faire quelques observations sur ce pays qui est encore si peu connu.

Les différents éléments éléments de la géologie des régions comprises entre Tanger, El Araïch et Meknés sont groupés par M. Bleicher de la manière suivante, en allant du nord au sud. Plateau ondulé, fortement entamé par les cours d'eau, de Tanger jusque vers Had el Gharbia; c'est la région des schistes calcaréo-marneux et des grès compactes siliceux du *crétacé moyen* et *supérieur* et du *nummulitique*. Les fossiles n'y sont pas rares. Outre les inocérames et les huîtres cénomaniennes indiquées par Desguin (2), on y trouve des Hemiaster, des Fusus et différents fossiles, non encore déterminés, qui paraissent se rapporter à la faune de ce même terrain en Algérie. La craie supérieure est caractérisée par des marnes schisteuses blanches à globigérines. L'orientation des strates de ces différents étages est généralement E.-O. quelquefois N.-E.

Au delà de Had el Gharbia, commence un plateau assez bien nivelé, appartenant au *pliocène* (conglomérat et poudingues rutilants, sables à Pecten, Mactra, Ostrea, Panopées, Natica helicina? Venus umbonaria?). Ce terrain recouvre le *nummulitique* supérieur, qui à El Araïch, dans les environs de Kssar el Kébir, à Basca dans le massif d'Had Kort, contient partout des nummulites, des operculines, des astéries, des pectens, etc.

La vaste plaine alluviale du Sbou sépare ces deux systèmes de l'arête montagneuse du Djebel Outita, orienté N.-E. et presque entièrement *miocène*. Les fossiles y sont rares, cependant on y trouve des clypéastres, le Pecten maximus et quelques empreintes d'algues. Cette chaîne forme avec le Tselfat orienté N. 5° O. les bords d'un bassin *miocène* entamé par l'érosion.

Le Tselfat lui-même est *jurassique* et en partie recouvert par le *tertiaire moyen*. Il se joint à la puissante chaîne du Zerhoun orientée E.-O. qui elle-même est entièrement jurassique. Le Tselfat paraît appartenir à l'oolithe inférieure telle qu'elle existe

(1) Lettre à M. Delesse, en date du 12 août 1874.
(2) *Bulletin de la Société belge de géographie*, 1870, 69.

dans les hauts plateaux de l'Algérie, à Saïda, tandis que le Zerhoun est plutôt corallien. En effet, on y constate la présence des pleuromyes, trigonies, gervillies, peignes, rhynchonelles, térébratules qui caractérisent cet étage dans les massifs de Tlemcen et du Tilhaouçen dans la province d'Oran. Les polypiers y sont représentés par des montlivaulties et les échinides par quelques rares baguettes de cidaritides.

Le terrain *tertiaire moyen* reparait au pied méridional de la chaîne du Zerhoun et, recouvert par le quaternaire, forme la base de la terrasse profondément ravinée sur laquelle se trouve Meknés.

A ces différents éléments anciens de la géologie marocaine, M. Bleicher ajoute les grès calcaires, siliceux, coquilliers, marins ou à fossiles terrestres (helix), de Tanger, d'El Araïch et du cap Spartel, qui sont probablement *quaternaires;* les alluvions marno-sableuses récentes et anciennes des plaines du Sbou, de l'Oued kous, disposées en terrasses escarpées de 15 à 25 mètres sur les berges, et en larges terrasses étagées dans les parties étroites des vallées : le remplissage des grottes naturelles (grottes d'Hercule près du cap Spartel) par des sables contenant des poteries grossières, des pointes de flèches et des couteaux en silex, des hélices, des patelles, des pourpres.

ALGÉRIE.

M. Maw (1) admet que le soulèvement des terrains mésozoïques en Algérie a coïncidé avec celui du petit Atlas; longtemps après serait survenu un affaissement de 1.000 mètres, ayant pour conséquence le dépôt du miocène algérien. Ensuite le plateau du Tell se serait élevé de 1.300 mètres, et le district au nord du petit Atlas de 300 mètres seulement, en sorte que la face nord de cette chaîne, à l'époque post-tertiaire, dessinait une faille de 1.000 mètres d'amplitude. Enfin, après une longue période de dénudation, l'auteur place un affaissement général qu'il appelle la submersion du Sahara, suivie d'un soulèvement d'au moins 1.000 mètres. M. Maw pense que pendant la submersion du Sahara la mer pouvait s'étendre vers l'ouest, peut-être même jusqu'au golfe de Guinée.

Dépression du Sahara. — La question de la dépression du Sahara a été particulièrement à l'ordre du jour dans ces derniers temps. A la suite d'un nivellement exécuté dans le sud de la province de

(1) *Geol. Society*, 25 fév. 1874.

Constantine, M. Roudaire (1) avait établi que le maximum de dépression du lac Melrir, au-dessous du niveau de la Méditerranée, était de 42 mètres. Partant de cette donnée, et discutant les textes des auteurs anciens relativement au lac Triton, l'auteur concluait que ce lac avait été autrefois un golfe dont la communication avec la mer s'était trouvée interrompue par une accumulation de sables. Toutefois, M. Roudaire n'ayant pas pénétré sur le territoire tunisien, ne pouvait fournir aucune indication sur le passage de la cote zéro.

M. Edmond Fuchs (2) a exécuté une reconnaissance rapide en partant du point opposé, c'est-à-dire de la côte tunisienne : il a observé, entre la mer et la dépression saharienne, un seuil composé, non-seulement de sables, mais encore de calcaires nummulitiques. Aucun indice n'établit que la mer ait dépassé ce seuil vers l'ouest, et M. Fuchs est d'avis que la région des Chotts était occupée autrefois par un grand lac à la disparition duquel le déboisement général de la contrée n'aurait pas été étranger.

Ajoutons que d'après une exploration faite actuellement par MM. Roudaire, Duveyrier, H. Le Chatelier et Parisot, il existerait même un seuil interrompant la communication entre les chotts de l'Algérie et ceux de la Tunisie; on ne peut donc songer à créer une mer dans le Sahara.

COLONIE DU CAP.

M. Pinchin (3) a fait connaître deux coupes géologiques qu'il a relevées dans la partie orientale de la colonie du Cap. L'une de ces coupes part du cap Saint-François et se dirige par les montagnes du Grand Winterhoek et du Langeberg jusqu'aux roches triasiques lacustres de Jansenville. L'autre coupe est dirigée du Port Elizabeth au Somerset. La roche la plus ancienne est le quartzite du Winterhoek, recouvert par des schistes et des grès avec fossiles dévoniens. Le carbonifère affleure dans les montagnes du nord et dans le petit Winterhoek. Des couches secondaires, mais dépourvues de fossiles, se rencontrent à l'ouest de la rivière Gamtoos; enfin on observe aussi des couches tertiaires ou modernes, contenant des mollusques identiques avec les espèces actuelles des mers voisines, et reposant en discordance sur le dévonien et en concordance sur les terrains secondaires.

(1) *Bull. de la Soc. de géographie* et *Revue des Deux-Mondes*, 1874.
(2) *Comptes rendus*, 1874.
(3) *Geol. Society*, 3 déc. 1873.

AFRIQUE AUSTRALE.

M. Stow (1) a donné une coupe géologique de la *région diamantifère* de l'Afrique australe entre l'état libre de la rivière Orange et le territoire de Griqualand-ouest. A partir du Modder, on traverse les schistes olivâtres à Dicynodon de la série de Karos, reposant en certains points, avec discordance de stratification, sur des roches plus anciennes et métamorphiques. Audessous du système calcaréo-siliceux du grand plateau de Campbell, à Griquatown, apparaît une curieuse série de jaspes jaunes, bruns et rouges, avec minerai de fer magnétique. Enfin on observe également des quartzites et des grès avec mica. L'ensemble de la série a une épaisseur variable entre 3.000 et 8.000 mètres, suivant qu'on admet ou non des récurrences de couches.

ASIE.

Palestine. — M. Louis Lartet (2) a publié la description des êtres organisés fossiles qu'il a recueillis en Palestine et dans les contrées avoisinantes, dans son voyage avec le duc de Luynes. Les oursins ont été décrits par M. Cotteau et les foraminifères par M. Terquem.

Ile de Saghalien. — D'après M. Fr. Schmidt (3), la faune *crétacée* de l'île de Saghalien contient en très-grand nombre des formes géantes des genres Patella et Helcion. L'ensemble de la faune présente une grande analogie avec la faune crétacée de l'Inde méridionale. Il y a, entre les deux régions, neuf espèces identiques, parmi lesquelles Ammonites Sacya, Solariella radiatula, Inoceramus digitatus. On y trouve aussi l'Ammonites peramplus.

INDE.

Punjab. — M. Wynne (4) a donné quelques détails sur la géologie du haut Punjab. Cette région offre des roches cristallines et schisteuses, recouvertes par des calcaires, peut être siluriens; audessus vient, en discordance, le terrain triasique, recouvert, également en stratification discordante, par une série concordante de calcaires jurassiques, crétacés et nummulitiques.

(1) *Geol. Society*, 30 avril 1873.
(2) *Annales des sciences géologiques*, 1872.
(3) *Neues Jahrbuch*, 1873; 890.
(4) *Geol. Society*, 17 déc. 1873.

Les couches sont presque toujours plissées et les roches tertiaires les plus récentes sont quelquefois relevées verticalement, surtout à leur jonction avec les hautes collines des bords de l'Himalaya. Cette ligne de jonction est marquée par des bouleversements, des failles et des renversements de couches; elle est en rapport évident avec la cause qui a produit les hautes montagnes de la chaîne.

DAMUDA. — D'après M. Oldham (1), c'est à tort que les *bassins houillers* de l'Inde anglaise, compris dans le système de Damuda, ont été considérés comme jurassiques. Les schistes et grès houillers ont pour substratum la série dite de Vindhyan, qui paraît être *dévonienne* et ils sont surmontés par des grès *triasiques*. Il est probable qu'ils appartiennent en partie au *permien*, en partie au *carbonifère*. Les seuls fossiles qu'on y rencontre sont des végétaux.

KEERA-HILL. — Voici, d'après M. Waagen (2), la coupe et les équivalences du terrain *jurassique* de Keera-Hill :

Grès ferrugineux	grossier.	Montagnes de Katrol.	Kimméridien.
	fin. . . .	Kuntkote.	Oxfordien supérieur.
Oolithe.	. . . . . .	Lodai et Iooria.	Oxfordien inférieur.
	. . . . . .	Dhosa.	Callovien supérieur.
	. . . . . .	Golden oolite, Keera-Hill. .	Callovien inférieur.
Plaquettes calcaires sableuses et grès jaune.		Guddera.	Bathonien.

ROYAUME DES BIRMANS.

On doit à M. Strover (3) d'intéressants détails sur les richesses minérales du royaume des Birmans.

L'*or* y existe dans les alluvions de toutes les rivières comprises entre Mandalay et Mogoung, et l'on peut signaler des gisements exploitables à Mogoung, au nord-est de Mandalay et à Thayet-pein-yua, où le quartz aurifère forme des affleurements nombreux.

Les mines d'*argent* les plus productives sont celles de Bawgine, de Kyouktch et de Toung-byne, près de Theebaw, au nord-est de Mandalay. Le minerai est une galène argentifère riche.

Le *fer* abonde dans le district de Pagan; c'est une hématite très-riche, qui va bientôt être exploitée sur une grande échelle.

Le *charbon* est connu à Thingadaw, sur la rive gauche de l'Ira-

(1) *Geol. Mag.*, 1874, 269. — *Revue de géologie*, X, 185.
(2) *Neues Jahrb.*, 1872; 984.
(3) *Geol. Mag.*, X, 356.

waddy, à Shuaygoo, à Meimbaloung, etc. Dans le dernier de ces gisements, la houille est d'excellente qualité et il ne manque que des routes pour que son extraction puisse être entreprise avec profit.

Le *jade* et l'*ambre* sont depuis longtemps connus et exploités à Mogoung.

Le *rubis*, le *saphir* et le *grenat* se trouvent en abondance à Mogouk, Kyat-peen, etc. Un ingénieur qui a visité ces mines a déclaré qu'on y pouvait rencontrer des rubis de la taille d'un œuf de pigeon.

Enfin le *pétrôle* est exploité à Yeunangyoung et Pagan.

Le royaume des Birmans est en outre remarquable par ses forêts, par la fertilité de son sol et par sa position géographique sur les confins de l'empire chinois. Il semble, d'après ces détails, qu'une prospérité exceptionnelle lui soit réservée.

AUSTRALIE.

QUEENSLAND. — M. Etheridge (1) a décrit les fossiles recueillis dans le Queensland par M. Daintree. Il en donne la classification suivante :

Formation *crétacée*.	Couches de Marathon.	Inoceramus Marathonensis, I. multiplicatus, Ancyloceras, Ichthyosaurus.
	C. de Hughenden....	Avicula gryphæoides, Amm. Beudanti, A. Daintrei.
	C. de Maryborough...	Cyprina expansa, Trigonia nasuta, Nucula quadrata, Avicula alata, Panopæa sulcata.
F. *oolitique*.	C. à Tæniopteris.	
	C. de Wollumbilla (lias et oolithe).	
	C. de Gordon-Down (Myacites, Pholadomya, Pleurotomaria, Trigonia).	
F. *carbonifère*.	C. à Glossopteris.	
	C. de Bowen-River. .	Streptorhynchus Davidsoni, Spirifera striata, S. convoluta.
	C. de Roper-River.	
	C. de Dawson-River.	
	C. à Spirifera.	
	C. à Productus.	
F. *dévonienne*.	C. à Lepidodendron du mont Wyatt.	
	C. de Star-River et de Gympie.	Aviculopecten multiradiatus, Productus, Spirifera bisulcata, Sp. vespertilio, Strophomena rhomboidalis, Fenestella.
F. *métamorphique*.	Cape-River.	
	Ravenswood.	
	Etheridge.	
	Peak-Downs.	

(1) *Geol. Society*, XXVIII, 271.

VICTORIA. — M. Etheridge (1) a décrit le gisement de *lignite* exploité à Lal-Lal, dans la colonie de Victoria. Au-dessous de 22 mètres de sables, argiles et graviers, et séparé d'eux par 1 mètre d'argile réfractaire, se trouve le lignite, puissant de 34 à 35 mètres; c'est un charbon terreux et bitumineux, très-pauvre en carbone, composé de branches et de racines de conifères appartenant à des espèces qui n'existent plus aujourd'hui dans la colonie; on y trouve quelques lits minces de jayet et deux espèces de résines. L'auteur pense que ce dépôt est du même âge que le gisement de lignite des exploitations de Morrison, lequel a été regardé comme miocène.

NOUVELLE-CALÉDONIE.

M. le colonel Charrière a rapporté de la Nouvelle-Calédonie quelques échantillons parmi lesquels un fragment d'ammonite engagé dans un grès à grain fin, provenant de Koutio-Koueta. Par la profondeur et la régularité de ses sillons, ce fossile a beaucoup d'analogie avec l'A. margaritatus du lias, bien qu'il n'en présente pas les excroissances caractéristiques. D'après cela M. Jules Garnier pense que l'existence du *lias* à la Nouvelle-Calédonie est bien certaine; du reste, M. J. Garnier avait déjà placé dans le lias certains bancs fossilifères et charbonneux de Koé, près de Koutio-Koueta.

AMÉRIQUE.

RIVIÈRE-ROUGE. — M. Dawson (2) a signalé des gisements de *lignite tertiaire* au nord du 49° parallèle, dans le bassin de la Rivière-Rouge. Le charbon est accompagné, dans certains endroits, de scories et de mâchefer indiquant une combustion locale. Près de Porcupine Creek, on trouve dans les couches de lignites, de nombreuses plantes parmi lesquelles des feuilles de Thuya, Sequoia, Taxus, Populus, Salix, Ulmus, Platanus, etc., ainsi qu'une fougère, Onoclea sensibilis.

(1) *Geol. Society*, 25 juin 1873.
(2) *Canadian Naturalist*. — *Americ. Journ.* [3], VIII, 142.

ETATS-UNIS.

MM. Hitchcock et Blake ont publié une *carte géologique* des États-Unis, qui résume les nombreux travaux dont ce pays a été l'objet depuis quelques années. Les formations distinguées sur leur carte sont les suivantes : éozoïque, silurien, dévonien, carbonifère inférieur, terrain houiller, permo-carbonifère, trias, jura, crétacé, néozoïque.

On doit à M. Mac Farlane (1) une description complète des *bassins houillers* de l'Amérique du Nord. Ces bassins produisent actuellement près d'un vingtième de la production totale du globe. Eu égard à l'énorme surface occupée par ces gisements (près de 500.000 kilomètres carrés), la grande puissance des couches, les facilités d'exploitation qu'elles présentent, l'auteur a le droit de conclure que l'Amérique du Nord est destinée à devenir bientôt le pays producteur de houille par excellence.

États de l'Ouest. — M. J. Le Conte (2) a étudié la *grande coulée de lave basaltique* des États-Unis de l'Ouest. Cette coulée, la plus vaste du monde, commence en Californie sous la forme de plusieurs courants séparés, puis recouvre comme un manteau les États d'Orégon nord et de Washington, dissimulant toutes les inégalités de la surface. Elle couvre la majeure partie de la Californie du Nord et du Nevada, presque tout Orégon, Washington et Idaho, et arrive jusqu'à Montana, à l'est, et jusqu'à la Colombie anglaise au nord. Son étendue est comprise entre 500.000 et 800.000 kilomètres carrés, c'est-à-dire qu'elle dépasse l'étendue de la France.

La source de cette coulée est dans la chaîne côtière, mais surtout dans les montagnes des Cascades et dans les Montagnes-Bleues. Sa plus grande épaisseur est d'au moins 1.200 mètres : on peut évaluer sa puissance moyenne à 650 mètres.

M. Le Conte a réussi à voir, dans les montagnes des Cascades, la base de la coulée de lave ; dans cette région, le basalte columnaire repose sur un conglomérat qui contient beaucoup de bois silicifié et où l'on observe, de temps en temps, des couches formées par un ancien sol avec traces d'arbres encore en place. Quant à l'âge de cette coulée, l'auteur avait d'abord cru qu'elle

(1) *The coal regions of America*. London, 1873.
(2) *Americ. Journ.* [3], VII, 167.

s'était produite à l'époque post-tertiaire; mais M. Lesquereux ayant examiné les plantes recueillies dans le conglomérat, y a reconnu deux espèces de chênes et un conifère appartenant certainement au miocène et peut-être même à l'éocène supérieur. La coulée a donc eu lieu probablement vers la fin de l'époque miocène; car la surface du conglomérat a été façonnée par des érosions avant le dépôt de la nappe de lave.

Sur la surface de la grande coulée et surtout le long des crêtes des montagnes des Cascades, sont disséminés les cônes volcaniques éteints. Mais M. Le Conte attribue la sortie de la roche éruptive à une pression tangentielle exercée dans la croûte du globe lors de la formation des montagnes voisines.

Le conglomérat qui sert de base à la *grande coulée* est composé entièrement de galets porphyriques. A la base des falaises de la rivière Columbia, la roche de la coulée est souvent trachytique, tandis que les parties supérieures sont formées de basalte columnaire.

Ages des lignites de l'Ouest. — Il règne un désaccord marqué entre M. Lesquereux et M. Newberry (1) au sujet de l'âge qu'il convient d'attribuer à la plupart des *lignites des États-Unis de l'Ouest.*

Ainsi les lignites du Nouveau-Mexique et de l'Arizona, éocènes pour M. Lesquereux, sont, pour M. Newberry, incontestablement crétacés, car ils sont recouverts par une grande épaisseur de sédiments contenant les mollusques ordinaires de la craie. Il en est de même des gisements houillers de l'île Vancouver, qui, parmi une grande quantité de plantes tout à fait spéciales à ces gisements, contiennent une espèce crétacée d'Europe, Sequoia Reichenbachi, et où la houille alterne avec des couches contenant des ammonites, des baculites et des inocérames.

M. Newberry admet qu'il peut y avoir doute au sujet des lignites du Colorado; mais il lui semble établi que ceux de Wyoming et d'Utah sont crétacés.

Ce qui rend la question très-difficile à résoudre, c'est que la flore fossile de l'Amérique du Nord diffère considérablement de celle du vieux continent. C'est seulement par les mollusques que l'identification des terrains peut être établie, la flore de certains gisements crétacés de l'Amérique ayant plus de rapports avec la flore tertiaire d'Europe qu'avec toute autre. Il est possible que les

(1) *Americ. Journ.* [3], VII, 399.

conditions physiques du sol américain aient assez peu varié depuis l'époque crétacée pour que la flore de cette période se soit peu à peu et lentement transformée.

MINNESOTA. — M. Winchell (1) a annoncé la découverte de gisements de houille terreuse et de lignite, passant parfois au *cannel coal*, dans le terrain crétacé du Minnesota.

BOLIVIE.

Des fossiles provenant de Cochabamba, en Bolivie, ont été examinés par M. Fr. Toula (2), qui signale notamment Productus cora, Pr. semireticulatus, Orthis resupinata, Spirifer striatus, Rhynchonella pleurodon. Ces divers fossiles sont bien caractéristiques du calcaire *carbonifère* qui, à Cochabamba, se trouve relevé à plus de 4.000 mètres de hauteur.

BRÉSIL.

M. Emmanuel Liais (3) a publié le résultat de ses explorations sur le Brésil, et l'on y trouve un grand nombre de documents sur la géologie de ce vaste empire.

Toute la surface du Brésil semble avoir sa base constituée par des *gneiss* stratifiés, passant soit au leptynite, soit à la pegmatite ou à d'autres roches granitiques fréquemment grenatiques, parfois chloritiques, amphiboliques et traversées par de nombreux filons quartzeux et par des veines de même nature.

L'auteur divise cette formation en deux étages :

Les gneiss inférieurs non métallifères,

Les gneiss supérieurs métallifères.

A la base du premier étage se trouvent des syénites et des granites; les gneiss qui les surmontent sont ou porphyroïdes ou à grains fins passant au leptynite. Les grenats abondent dans cette formation où des veines de quartz suivent fréquemment les lignes de stratification, tandis qu'elles sont coupées par d'autres filons épais de quartz et de granite, les uns et les autres ne renfermant d'autre substance minérale que du graphite laminaire.

La décomposition de ces gneiss produit une argile rouge au milieu de laquelle, dans certains cas, les fragments de quartz, provenant

(1) *Americ. Journ.* [3], VIII, 67

(2) *Akademie der Wissenschaften;* Wien, 1869, 433.

(3) Extrait par M. Gorceix. — Voir aussi *Revue de géologie*, XI, 175.

des filons, peuvent être disposés en lits parallèles à la surface du sol et donner à ces dépôts l'aspect de drifts glaciaires. La non-existence de roches rayées, de véritables blocs erratiques, et certaines impossibilités physiques font rejeter par l'auteur l'hypothèse de l'existence d'une période glaciaire au Brésil.

Les gneiss supérieurs métallifères sont à grains fins; ils renferment des couches de calcaires, de talschistes, de quartzites. Ces dernières sont surtout importantes comme représentant les filons aurifères; l'or y est accompagné de pyrites, de mispickel, qui en forment la gangne.

Leur remplissage n'a pu se faire ni par en haut ni par en bas; ce sont des filons ou fentes confondus avec des strates friables.

Les filons de quartz qui coupent les strates ne renferment pas d'or, mais quelquefois ils contiennent de la tourmaline. Dans les quartzites on trouve de nombreux minéraux : tourmalines, galène, oxydes de titane, wavellite, disthène.

Les *roches métamorphiques* qui surmontent les gneiss forment deux étages : 1° Étage des talschistes, des itacolumites, des itabirites avec calcaires subordonnés. Dans les itacolumites l'or se trouve encore dans les filons de quartz, mais dans les itabirites il est disséminé au milieu de filons de Jacutinga, roche composée de lithomarge, de quartz, de fer oligiste et souvent tachée par de l'acerdèse. 2° Étage formé de phyllades, calcaires, psammites, macignos, phyllades, grès anagéniques, ne renfermant pas d'or et disséminé en lambeaux sur les itacolumites et les itabirites, tantôt en couches horizontales, tantôt en couches fortement redressées.

Terrains secondaires. — Formation crétacée oolithique de Darwin. Ces terrains sont formés des couches suivantes : Talschistes passant au schiste argileux et au grès schisteux, calcaire, phyllades argileux entremêlés de couches de calcaires et de macignos, grès quartzeux et anagéniques.

La formation d'eau douce des environs de Bahia avec Unio, Paludina, Melania, poissons, sauriens, Crocodilus Hartii, Thoracosaurus Bahiensis, appartenant, d'après Hartt, au néocomien inférieur; celle de Sergippe à Natica prælonga, Ammonites peruvianus et les grès marins de Pernambouco à Pecten, Cardium, forment un horizon géologique appartenant au crétacé inférieur. Dans la province de Léara, une argile inférieure aux grès tertiaires, avec poissons ganoïdes et téléostéens; à Engenho, sur la rive droite du San Francisco, des marnes argileuses avec os de poissons, paludines, planorbes; les macignos des bords de l'Abaéthé avec Ostrea

Abaethensis, et quelques autres formations, doivent être placées dans le même étage secondaire, ainsi que le gisement de houille décrit par M. Plant.

Les calcaires de cet étage sont remarquables par le grand nombre et l'importance des grottes et des fentes qui y sont creusées, et où les cours d'eau peuvent disparaître dans des gouffres appelés par les habitants *Sumiduros*. Les terres contenues dans certaines de ces cavernes sont nitreuses; elles renferment de nombreux ossements d'animaux quaternaires, en même temps que des débris d'animaux vivant de nos jours. Le remplissage de ces cavernes par les terres est très-postérieur au passage des eaux qui y ont laissé déposer des stalagmites. On peut y distinguer les époques des stalagmites anciennes, du remplissage et des stalagmites modernes.

Terrains tertiaires. — Les dépôts tertiaires reposent en stratification discordante sur les terrains secondaires, lorsque ceux-ci ont été soulevés et disloqués, tandis que, en général, les deux formations sont en lits horizontaux. Ces dépôts sont formés par des grès variables, ordinairement à gros grains à la partie inférieure et à petits grains à la partie supérieure, des psammites et des grès anagéniques. Ils occupent le plateau central et sont disséminés sur la côte depuis Rio jusqu'à Pernambouco. Sur les côtes, aux grès sont subordonnées des couches d'argile jaune et panachée. Ils sont très-pauvres en fossiles. Ils ont été traversés par des filons et par des dykes de trapp, de diorite qui les ont consolidés. Dans le voisinage des roches métamorphiques, et surtout dans celui des filons des roches éruptives, le caractère métamorphique est très-prononcé, et ils ont été souvent confondus avec les itacolumites; il faut attribuer à cette cause les assertions relatives au gisement du diamant dans cette espèce de roche. L'auteur n'a jamais pu indiquer d'une manière certaine l'existence de cette substance dans une roche en place.

Terrains quaternaires. — En général ces dépôts sont composés de sables, d'argiles, de marnes, de cailloux roulés recouverts d'une croûte solidifiée. Des argiles quelquefois calcarifères forment la partie supérieure. C'est au milieu de ces dépôts que se trouve exclusivement le diamant : dans les Cascalhos ou cailloux roulés des gens du pays, les minéraux qui l'accompagnent le plus ordinairement sont : la topaze, la tourmaline, le corindon, le phosphate d'Yttria, la Wavellite, les oxydes de titane, etc. Si les Cascalhos ne renferment ni galets ni grès tertiaires, mais du quartz, des Ita-

birites, des Itacolumites, ils contiennent de l'or, sans diamant; s'ils sont formés exclusivement aux dépens des roches tertiaires et volcaniques, ils sont diamantifères, mais non aurifères. Au Brésil, l'or et le diamant n'ont pas le même gisement.

Systèmes de montagnes. — M. E. Liais a repéré sept systèmes dans les diverses directions des chaînes de montagnes du Brésil.

1° Système des Orgues d'Itacolumi E.-O. dans les grès tertiaires et postérieurs à leur dépôt;

2° Système N.-N.-O. a affecté ces mêmes grès;

3° Système N.-N.-E. ou même N. 25° E. marque une dislocation des terrains secondaires qui est considérée par M. Liais comme un prolongement des Alpes occidentales;

4° E.-N.-E. Système de la Mantiqueira, postérieur aux terrains secondaires, toutefois antérieur aux terrains tertiaires;

5° N.-O. devrait se rapporter aux Andes Boliviennes;

6° O.-N.-O. serait identique avec le système Chiquitien de d'Orbigny entre le terrain carbonifère et le trias;

7° N.-E. son prolongement passe près de la Morée, et pourrait être rapproché du système de la Côte d'Or datant de la fin de l'époque jurassique.

ANTILLES.

SAINT-BARTHELEMY. — Une riche collection de *polypiers* provenant de l'île Saint-Barthélemy a été examinée par M. Martin Duncan (1). Ces polypiers se trouvaient dans des calcaires et des conglomérats coralliens subordonnés à des roches volcaniques. Parmi les nombreuses espèces de cette collection on remarque : 1° des espèces nouvelles ; 2° des espèces ayant un faciès crétacé ; 3° d'autres caractéristiques de l'éocène supérieur et de l'oligocène en Europe; 4° d'autres caractérisant les dépôts nummulitiques d'Europe et du Scinde; 5° des espèces de la faune actuelle; 6° d'autres, enfin, se rapportant à des genres spéciaux, à la faune jurassique et à celle des Caraïbes.

Pour l'auteur, les dépôts qui contiennent ces fossiles doivent être placés, avec les schistes noirs inférieurs au miocène de la Jamaïque et les couches de San Fernando (île de la Trinité), à la hauteur de l'oligocène de l'Europe occidentale et des grands récifs de Castel-Gomberto.

CUBA. — Le terrain *tertiaire* de l'île de Cuba renferme fréquem-

(1) *Geol. Society*, 25 juin 1873.

ment des restes de poissons fossiles; parmi ces restes, M. de Castro (1) a découvert une nouvelle espèce qu'il figure et décrit sous le nom de Aëtobatis Poeyii.

En outre, M. de Castro (2) cherche à démontrer qu'à l'époque *pliocène* et à l'époque *quaternaire*, l'île de Cuba faisait partie du continent américain; il en voit la preuve dans l'existence de grands mammifères fossiles trouvés par lui et par d'autres personnes dans différents parages de l'île, notamment l'Hippopotamus major, Cuv., un Equus, et un édenté voisin du Megalonyx.

Dans les temps antérieurs, pendant le miocène inférieur et l'éocène supérieur, l'île était du reste entièrement couverte par la mer.

---

(1) *De la existencia de grandes mamiferos fosiles en la isla de Cuba*, par D. M. F. de Castro. Habana, 1865.

(2) *Aëtobatis Poeyii. Nueva especie fosil, procedente de la isla de Cuba.* Madrid, 1873. (Extrait par M. E. Collomb, des *Annales de la Société espagnole d'hist. nat.*)

CINQUIÈME PARTIE.

GÉOLOGIE DYNAMIQUE.

MODIFICATIONS DES ROCHES (1).

Nous résumons ici les travaux relatifs aux diverses modifications que peuvent subir les roches, en étudiant successivement le pseudomorphisme, la décomposition des roches ainsi que leur métamorphisme et leur endomorphisme.

Pseudomorphisme.

Minéraux.

Suivant M. F. Wibel (2) et d'autres minéralogistes, le quartz fibreux du cap de Bonne-Espérance, qui accompagne la Krokidolithe, proviendrait d'une pseudomorphose de ce dernier minéral qui est lui-même fibreux. Il en serait de même aussi pour les quartz bleus, fibreux, observés dans d'autres localités. Cette opinion ne nous paraît pas être fondée; car, à Wachenbach, dans les Vosges, M. Delesse (3) a observé du quartz fibreux et de la Krokidolithe qui forment des veines traversant la minette; or l'étude de ce gisement montre, d'une manière bien visible, qu'il n'y a pas une pseudomorphose, mais simplement une pénétration intime et une association dans des proportions très-diverses de deux minéraux contemporains (4).

— M. A. Frenzel (5) a constaté, sur des échantillons provenant des environs de Guanajuato (Mexique), un pseudomorphisme de Scheelite par du bismuth carbonaté (Bismuthite).

Corps organisés. — Sapin changé en lignite à l'époque actuelle.

Dans une ancienne mine de Clausthal, qui ne remonte certaine-

(1) Cette partie a été traitée par M. Delesse.
(2) *Neues Jahrbuch*, 1873, 367.
(3) *Minette des Vosges*.
(4) *Recherches sur les pseudomorphoses* (*Annales des mines*, 1859, t. XVI).
(5) *Neues Jahrbuch*, 1873, 801 et 946.

ment pas à plus de quatre cents ans, M. Hirschwald (1) a signalé du bois de sapin qui a été complétement converti en un lignite piciforme (*Pechkohle*). Ce bois a pris une couleur brune et a conservé la structure fibreuse; cependant les parties les plus modifiées ont une couleur noire, une cassure conchoïde et se laissent même écraser dans le mortier.

Des essais comparatifs du bois de sapin (I) et de ce lignite moderne (II) ont donné à M. Hirschwald :

	Carbone.	Eau.	Cendres.
I	40	20	0,2
II	61,8	11,2	13,6

La transformation du bois en lignite peut visiblement s'opérer dans une durée relativement courte et certainement bien inférieure à celle d'une période géologique. Toutefois il importe d'observer que ce bois se trouvait dans des conditions exceptionnellement favorables; car il était dans une argile schisteuse très-humide, ayant une température assez élevée et soumise à une forte pression; en outre, il était traversé par des eaux acides provenant de la sulfatisation des pyrites, ce qui explique pourquoi ses cendres sont abondantes et de plus riches en oxyde de fer

Ajoutons du reste que dans les mines et dans les carrières, sous l'influence de l'humidité, le bois subit une décomposition qui le rend friable, brun et le fait passer à une sorte de lignite.

Décomposition.

Transformation d'un calcaire argileux en terre végétale.

L'altération que le calcaire éprouve, sous la double influence de l'atmosphère et de la culture, a été étudiée chimiquement par MM. E. Wolff et R. Wagner (2). Leurs analyses ont porté sur un calcaire argileux du lias, sur le sous-sol qui le recouvre, ainsi que sur la terre végétale résultant de sa décomposition.

I Calcaire à gryphées, sableux et argileux, du lias d'Ellwangen; non décomposé, mais très-fendillé.

II Sous-sol, recouvrant le calcaire précédent, brun rougeâtre, presque dépourvu d'humus.

III Terre végétale colorée en brun par de l'humus et superposée au sous-sol précédent.

---

(1) *Deutsche geol. Gesellschaft*, 1873, 364.
(2) *Jahresbericht über d. Fortschritte d. Chemie*, 1871, 1213.

	SiO^4		Al^2O^3														
	Insoluble.	soluble.	soluble.	Insoluble.	Fe^2O^3	CO^2FeO	MnO	CO^2CaO	CO^2MgO	CaO	MgO	PO^5	SO^3	KO	NaO	HO et perte au feu.	Somme.
I	55,46	11,72	7,90	1,07	8,18	»	0,66	2,64	0,39	0,15	0,37	0,46	0,06	1,55	0,34	8,94	99,89
II	54,53	11,24	7,25	0,81	9,39	»	0,76	6,24	0,37	0,10	0,39	0,48	0,05	1,21	0,24	7,70	100,75
III	15,09	1,04	0,62	0,13	0,09	2,85	0,36	77,16	1,04	0,01	0,01	0,20	0,02	0,15	0,06	1,20	100,03

La comparaison du calcaire du lias avec la terre végétale qui en provient montre qu'il y a, dans cette dernière, augmentation de matières organiques, d'alcalis, d'acides phosphorique et sulfurique, d'oxyde de fer ainsi que du résidu argileux insoluble. Par contre, il y a diminution de carbonates de chaux et de magnésie; de plus, le carbonate de fer se détruit entièrement en laissant de l'oxyde de fer qui s'accumule comme produit de décomposition.

Altération physique et chimique du silex.

Pays de Caux. — Le silex peut quelquefois subir des altérations dans l'intérieur de la terre; c'est en particulier ce que M. E. Marchand (1) a observé pour celui qui est enveloppé dans l'argile rouge recouvrant la craie du pays de Caux. En effet, ce silex a conservé sa forme, mais est devenu blanc, friable, pulvérulent, ce qui l'a fait désigner par les ouvriers sous le nom de *caillou pourri*. Des essais ont montré qu'il contient environ 10 p. 100 de carbonate de chaux. Son altération a eu lieu de la circonférence des fragments vers leur centre qui est souvent resté à l'état de silex pyromaque; elle est surtout très-complète pour le silex se trouvant dans l'argile rouge, mais près de la limite avec des sables gras qui forment visiblement une couche très-perméable aux infiltrations et aux eaux souterraines. Il nous paraît probable, du reste, que ces eaux ont produit l'altération du silex; par une dissolution partielle, elles ont amené sa désagrégation et, en même temps, elles y ont introduit du carbonate de chaux.

En mémoire de M. Antoine Passy, M. Marchand propose de donner le nom de *Passyite* à cette variété de silex; toutefois, il convient de remarquer qu'il n'est guère d'usage d'introduire des noms nouveaux pour désigner une simple altération d'un minéral.

A l'occasion de cette altération subie par le silex dans les terrains stratifiés normaux, rappelons d'ailleurs que, dans le voisi-

(1) *Ann. de ch. et de phy.* [5], I, 1874.

nage du trapp, le silex de la craie blanche d'Irlande a quelquefois été complétement dissous et pseudomorphosé en spath calcaire bien transparent.

Transformation du schiste en argile.

Dans d'anciennes mines de houille du pays de Liége, dont l'exploitation ne saurait remonter à plus de sept cents ans, M. A. Firket (1) a constaté que des infiltrations produites par des eaux souterraines avaient transformé le schiste houiller en argile plastique, sur une épaisseur de $0^m,40$. Comme le schiste diffère surtout de l'argile par la présence des alcalis, on conçoit que des eaux souterraines puissent enlever ces alcalis, kaoliniser complétement le schiste et même le changer sur place en argile plastique.

Ainsi que l'ont fait observer MM. Dewalque, Briart et Cornet, les sources thermales ont encore dû faciliter dans les schistes les décompositions de ce genre et, se répandant ensuite dans les terrains, elles y ont donné lieu à des dépôts d'argiles, particulièrement d'argiles geysériennes.

Décomposition des minerais de fer.

MISSOURI. — Le fer spéculaire, qui forme des gîtes si importants dans le Missouri, subit, par suite de décomposition, de grandes modifications dans ses propriétés physiques ou chimiques. Ainsi, à Ridge Ores, il passe vers l'extérieur à une hématite rouge, tendre, souvent argileuse. M. A. Blair (2) a fait des analyses comparatives du fer spéculaire (I) pris au centre d'un bloc ayant 1 mètre de diamètre et de l'hématite (II) provenant de sa circonférence :

	Fe^2O^3	FeO	SiO^2	Al^2O^3	Eau combinée.	Eau hygroscopique.	S	PO^5	Somme.
I	97.94	traces	0,69	1,17	0,19	0,02	»	0,07	100,08
II	88,37	»	8,39	»	3,09	»	traces	0,21	100,06

On voit que l'oxyde de fer s'est légèrement hydraté; mais, il faut remarquer, en outre, qu'il s'est imprégné de matières terreuses ainsi que de soufre et de phosphore. Dans certains échantillons, on constate une augmentation d'alumine et la présence d'acide carbonique qui paraît être à l'état de carbonate de fer. Ajoutons que des analyses comparatives faites par le docteur A. Wendel ont donné des résultats analogues pour le minerai dur

(1) *Société géologique de Belgique*, 1874.
(2) R. Pumpelly. *Geolog. Survey of Missoury*, 1873, 79.

et pour le minerai tendre de Scotia. Dans ce dernier, le phosphore est sextuplé et le soufre augmenté dans la proportion de 1,7; d'un autre côté, la silice et l'alumine y ont aussi notablement augmenté. Ces résultats s'expliquent facilement par l'existence de phosphates, de sulfates, de carbonates, de silice et d'argile dans les eaux souterraines, particulièrement dans celles qui proviennent des infiltrations à travers la terre végétale de la surface.

Les analyses précédentes nous montrent encore que le métallurgiste devra donner la préférence au fer spéculaire non altéré, puisqu'il présente un minerai plus pur, contenant surtout beaucoup moins de soufre et de phosphore.

Alun magnésien formé par oxydation de la pyrite.

FONDOUK. — A 6 kilomètres au sud-est du village du Fondouk (Algérie), M. Ludovic Ville (1) signale une roche alunifère, formée par un schiste graphiteux ancien, qui est couvert de concrétions blanches d'un alun magnésien, ayant pour formule :



$$Al^2O^3(SO^3)^3 + MgOSO^3 + 24\ HO.$$

Comme le remarque M. L. Ville, cet alun magnésien résulte de la décomposition de la pyrite de fer qui est disséminée dans le schiste graphiteux. L'acide sulfurique de la pyrite, attaquant le feldspath et le talc du schiste, y produit les sulfates d'alumine et de magnésie qui constituent l'alun magnésien.

Thermantides et roches fondues par des incendies souterrains.

DAKOTA ET MONTANA. — D'après M. Allen (2), il existe dans les territoires de Dakota et de Montana des roches métamorphiques qui ont été prises, à l'origine, pour des produits volcaniques et qui sont simplement le résultat de la combustion de lignites tertiaires. Elles se composent d'argiles durcies et de grès métamorphiques, généralement rougis, accompagnés de pierres scoriacées et de sortes de laves. L'épaisseur des couches calcinées atteint généralement 3 à 4 mètres. A leur base est un lit de cendres, très-semblable au résidu que laisse le charbon de terre sur les grilles.

La région des Mauvaises Terres, sur le petit Missouri, est l'un des districts où ce métamorphisme des lignites existe sur la plus grande étendue.

---

(1) Situation de l'industrie minière en 1874. Alger, 9.

(2) *Americ. Journ.* [3], VIII, 144.

Métamorphisme de contact ou spécial.

Laves métamorphosant des fragments empâtés.

Rhin inférieur. — Lorsque des fragments de roches sont empâtés dans des laves, ils subissent des effets variés de métamorphisme qui ont déjà été étudiés à diverses reprises (1). Récemment M. J. Lehmann (2) s'est spécialement occupé des laves et des basaltes du Rhin inférieur. Il examine successivement, pour les fragments empâtés, les effets de division et de fusion. Leur division est due non-seulement à la calcination produite par la pâte enveloppante, mais encore à son action mécanique. C'est surtout dans le voisinage des cratères que la lave empâte un grand nombre de fragments qui sont alors altérés ou même fondus. Quand les fragments sont fondus, ils peuvent devenir poreux et même éprouver une résorption complète, en sorte qu'ils donnent fréquemment lieu à des druses, résultant de leur fusion.

Parmi les minéraux engendrés par la fusion des fragments de quartz, M. Lehmann signale l'augite qui forme autour d'eux une couronne; il est d'ailleurs à remarquer que cette couronne se retrouve quelquefois autour du quartz dans les mélaphyres, notamment dans le porphyre vert antique.

M. Lehmann mentionne encore la tridymite dans la lave d'Ettringen ainsi que des cristaux de quartz tapissant des druses de la lave du lac de Laach. Il indique en outre la calcination du carbonate de chaux et sa transformation en hydrate de chaux et enfin la production d'un minéral nouveau, *l'ettringite*, qui est une combinaison d'hydrate de chaux avec du sulfate d'alumine.

Basalte métamorphosant un Trachyte.

Mont Dore. — Au Capucin, dans les Monts Dore, M. Des Cloizeaux (3) a constaté que des minéraux se sont développés dans les cavités d'un trachyte amygdalaire, sous l'influence d'une éruption de basalte accompagnée de vapeurs volcaniques. M. Des Cloizeaux signale en particulier de l'hypersthène, verte et transparente, ayant la forme de l'Amblystegite de Laach; de la Tridymite en cristaux très-beaux ainsi que du zircon rougeâtre et du feldspath.

Dolomie.

Depuis longtemps les géologues ont admis que des eaux ma-

(1) *Neues Jahrbuch*, 1874, 431.
(2) Delesse : *Annales des mines* [4], XII, 195.
(3) *Zeitschr. d. deutsch. geol. Gesellsch.* [illegible], 566.

gnésiennes venues de l'intérieur de la terre avaient pu rendre des calcaires magnésiens et même les transformer en dolomie. M. Guyerdet (1) pense en outre qu'il existe une certaine corrélation entre l'éruption des sables granitiques signalés par MM. Potier et Douvillé et les phénomènes qui ont produit, sur certains points, le métamorphisme des calcaires crétacés et tertiaires en dolomie. Dans les vallées de la Maudre, de la Seine, de l'Eure et de l'Oise, en effet, là où il existe des sables éruptifs, il paraît y avoir et plus spécialement des dolomies ou des calcaires dolomitiques; comme ces derniers sont toujours situés près des failles ou fissures des formations sous-jacentes, il est naturel de croire que les phénomènes qui ont amené ces sables ont pu aussi réagir sur les formations environnantes.

La rareté des fossiles dans les couches dolomitiques ainsi que l'attaqué des silex qui sont cariés et rares, notamment dans les assises de la craie se trouvant souvent en contact immédiat avec les sables éruptifs, semblent indiquer des émanations magnésiennes; en particulier, il est vraisemblable que ces émanations ont produit les dolomies de Beynes et de Pont-Sainte-Maxence.

Gypse métamorphosé en anhydrite.

D'après Gustave Rose (2) et Hoppe-Seyler, il suffit de chauffer à 100 degrés des lamelles de gypse dans une capsule contenant une dissolution de chlorure de sodium pour que ces lamelles se changent en anhydrite. Des cristaux d'anhydrite peuvent même être obtenus avec des dissolutions concentrées et bouillantes de gypse et de chlorure de sodium. Dans la nature, comme l'a fait remarquer Gustave Rose, l'anhydrite est souvent de formation secondaire, et à Sulz, sur le Neckar, ce minéral a visiblement pseudomorphosé des cristaux de gypse.

Gypse produit par le métamorphisme du calcaire.

Saltville. — M. le professeur P. Lesley (3) a observé un exemple remarquable de gypse qui paraît formé par métamorphisme, en Virginie, près Saltville, dans l'une des vallées où la rivière Holston prend naissance. Cette vallée résulte certainement d'une fracture profonde, qui a mis le dévonien en contact avec le silurien inférieur. Suivant M. Lesley, les calcaires siluriens,

(1) *Assoc. française pour l'avancem. des sciences. — Comptes rendus de la 2e session*, Lyon, 1873, 438.
(2) *Académie de Berlin*, 1871, 363.
(3) *American Philosophical Society*, 1871.

dans la partie où ils sont soulevés, ont été transformés en gypse, sur certains points, soit par de l'acide sulfurique libre, soit par de l'hydrogène sulfuré. De nombreux puits percés dans la vallée y ont, en effet, rencontré le gypse et sur des épaisseurs dépassant 200 mètres. A Saltville, on exploite même du sel qui s'est visiblement déposé dans un lac profond dont le bassin a été rempli par du sel accompagné d'une vase rouge, salifère ainsi que de gypse.

Métamorphisme général.

Schiste cristallin.

La composition minéralogique des schistes siluriens et dévoniens, ainsi que de l'ardoise, a été étudiée au microscope par M. Zirkel (1). Leurs éléments sont en partie de transports ou clastiques et en partie cristallins, ou formés dans la roche. Ces derniers éléments sont parallèles à la schistosité, et, parmi eux, M. Zirkel signale des aiguilles fines d'un jaune brunâtre qui sont peut-être de l'hornblende?, des lamelles vert clair ou jaunâtres de mica ou de talc, de la pyrite de fer, plus rarement de la pyrite magnétique et de la chaux carbonatée. Les éléments clastiques sont également le mica et le talc; mais il y a aussi des fragments anguleux de quartz et de feldspath et une substance opaline qui forme ciment.

Il nous paraît d'ailleurs que la structure cristalline qu'on observe dans les schistes ne doit pas être regardée comme originaire; car admettre qu'elle remonte au dépôt même du schiste serait rétrograder à la théorie de Werner; toutefois la structure cristalline du schiste a pu se développer dès l'époque de sa consolidation; elle est le résultat de la pression qu'elle a subie, et, en un mot, de son métamorphisme.

Saint-Gothard. — Dans une étude sur les roches du Saint-Gothard, M. Albr. Müller (2) formule quelques considérations théoriques relativement à leur métamorphisme. Suivant lui, les quartzites, les gneiss et les micaschites qui leur sont associés, proviendraient de la transformation de grès par des infiltrations de quartz, de feldspath et de mica. D'autres gneiss, riches en feldspath, lui semblent toutefois dériver d'un métamorphisme de calcaires et de marnes. En un mot, M. Müller explique surtout les modifications subies par les roches en faisant intervenir le pseudomorphisme.

(1) *Poggendorf Annalen*, CXLIV, 319.
(2) *Neues Jahrbuch*, 1873, 875.

Il nous paraît au contraire que ces roches du Saint-Gothard, dont nous avons étudié le gisement, ne résultent pas d'infiltrations ni de pseudomorphisme; elles offrent même un des exemples les plus nets d'un métamorphisme caractérisé par un développement simultané de minéraux : ces derniers ont cristallisé dans des couches et se sont formés aux dépens des substances minérales qu'elles renfermaient originairement (1).

Culsagee. — En exploitant des mines de corindon à Culsagee, dans la Caroline du Nord, M. Jenks (2) y a trouvé, *in situ*, des rubis et du saphir. Le corindon forme plusieurs zones parallèles, dirigés N.-E.-S.-O., et plongeant vers le S.-E. sous un angle de 45°. Leur épaisseur, faible à la surface, augmente en profondeur, où elle atteint 3 mètres. Ces zones sont formées par un mélange de chlorite, de jeffersite et de corindon, qui constitue entre la moitié et le tiers de la masse. Un assez grand nombre de rubis et de saphirs y ont déjà été rencontrés, et l'on sait qu'il est rare de trouver ces gemmes ailleurs que dans des dépôts de transport.

Mais les gîtes de corindon de Culsagee offrent encore de l'intérêt, comme exemple de roches alumineuses métamorphiques. Il nous paraît, en effet, qu'ils résultent de la cristallisation et du métamorphisme de bauxites ou d'argiles alumineuses, originairement associées à des argiles magnésiennes.

Endomorphisme.

L'endomorphisme comprend l'étude de toutes les modifications qui sont éprouvées par une roche éruptive près de son contact avec la roche encaissante. Dans le cas très-spécial qui va être examiné, la roche encaissante est simplement l'atmosphère, toutefois les modifications produites sont bien nettes et elles offrent de l'intérêt.

Bombes volcaniques.

Lorsqu'on examine une bombe volcanique, l'on constate aisément qu'il existe des différences marquées entre les parties qui se trouvent dans son intérieur et celles qui sont à sa périphérie. M. vom Rath (3) a fait à ce sujet des recherches sur une bombe du Vésuve provenant de l'éruption de 1872.

---

(1) Delesse : *Études sur le métamorphisme des roches*, in-4°, 1869.
(2) *Geol. Society*, 25 fév. 1874.
(3) *Zeitsch. d. deutsch. geolog. Gesellsch.*, 1873, 240 et 241.

I *Verre brun* remplissant dans l'*intérieur* de la bombe une cavité de $0^m,06$ de long sur $0^m,02$ de large. Il fond facilement, mais ne s'attaque pas par l'acide chlorhydrique. Dans la bombe elle-même, on distingue de l'amphigène dont les cristaux se sont transformés en un agrégat cristallin, et il y a aussi de l'augite, ainsi que du fer oligiste.

II *Verre noir* formant la *périphérie* de la bombe et communiquant avec la masse vitreuse précédente. Il contient des cristaux d'augite.

	Densité.	SiO^2	Al^2O^3	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	Somme.	Rapport de l'oxygène.
I	2,512	55,51	20,05	5,32	3,78	1,22	10,18	4,03	100,09	0,503
II	2,592	55,17	17,09	8,54	5,42	1,95	8,48	3,94	100,59	0,499

Ces deux verres de la bombe volcanique présentent à peu près la même composition chimique; toutefois à l'*intérieur* (I) il y a plus d'alcalis et plus d'alumine, tandis qu'à la *périphérie* (II) il y a plus de fer, de chaux et de magnésie.

Quant à la densité, elle est plus grande à la périphérie.

Ces résultats s'expliquent aisément : observons, en effet, que la bombe étant animée dans l'air d'un mouvement de rotation, la force centrifuge a dû ramener vers la périphérie les parties fondues de l'intérieur qui étaient les plus liquides et aussi celles qui étaient les plus denses. Le verre de l'intérieur, par cela même qu'il était immédiatement fourni par une lave amphigénique, devait être le plus riche en potasse; au contraire celui de la périphérie, ayant une densité plus grande, devait être le plus riche en chaux et en fer.

En résumé, il s'est opéré, entre les éléments de cette bombe volcanique, un départ analogue à celui qui a été constaté déjà dans les courants de lave et dans les filons de roches éruptives (1).

---

(1) Delesse : *Études sur le métamorphisme ; Annales des mines* [5], XII.

BULLETIN.

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE DE LA FRANCE

A. — PRODUCTION DES COMBUSTIBLES MINÉRAUX, DES FONTES, DES FERS, DES TÔLES ET DES ACIERS PENDANT L'ANNÉE 1873 (*).

I. COMBUSTIBLES MINÉRAUX.

Tableau, par département, de la production des combustibles minéraux pendant l'année 1873.

DÉPARTEMENTS.	PRODUITS DES EXPLOITATIONS distingués en trois catégories.			
	Anthracite.	Houille.	Lignite, stipite, etc.	Totaux.
	quint. métr.	quint. métr.	quint. métr.	quint. métr.
Ain	»	»	11.260	11.260
Aisne	»	»	»	»
Allier	127.400	11.933.352	»	12.060.752
Alpes (Basses-)	»	»	517.740	517.740
Alpes (Hautes-)	69.000	»	»	69.000
Alpes-Maritimes	»	»	»	»
Ardèche	84.404	68.184	»	152.588
Ardennes	»	»	»	»
Ariége	»	»	»	»
Aube	»	»	»	»
Aude	»	»	7.000	7.000
Aveyron	»	7.075.312	»	7.075.312
Bouches-du-Rhône	»	»	3.480,000	3.480.000
Calvados	29.228	102.653	»	131.881
Cantal	»	15.926	»	15.926
A reporter	310.032	19.195.427	4.016.000	23.521.459

(*) Les six tableaux (A) sont tirés des états qui ont été publiés, par ordre de M. le Ministre des travaux publics, dans le *Journal officiel* (numéros des 1er et 9 décembre 1874) et qui comprennent la production des mines de combustibles et des forges françaises pendant l'année 1873 et le premier semestre 1874. Ces états ont été dressés à l'aide des documents fournis par les ingénieurs des mines, et l'administration, en les publiant, prévient que les chiffres ne sont point encore définitivement arrêtés.

La commission des *Annales des mines* a pensé qu'il suffisait, eu égard aux conditions de la publication du Recueil, de reproduire les statistiques annuelles; en outre, elle a préféré, dans le premier tableau, réduire à trois le nombre des catégories des combustibles minéraux. A cet effet, on y a groupé en une seule colonne les quatre variétés de houille qui forment autant de colonnes distinctes au tableau du *Journal officiel*. Sauf cette modification, les tableaux relatifs à l'année 1873 sont reproduits intégralement.

DÉPARTEMENTS.	PRODUITS DES EXPLOITATIONS distingués en trois catégories.			
	Anthracite.	Houille.	Lignite, stipite, etc.	Totaux.
	quint. métr.	quint. métr.	quint. métr.	quint. métr.
Report.	310.032	19.195.427	4.016.000	23.521.459
Charente.	»	»	»	»
Charente-Inférieure.	»	»	»	»
Cher.	»	»	»	»
Corrèze.	»	24.882	»	24.882
Corse.	»	»	»	»
Côte-d'Or.	37.103	»	»	37.103
Côtes-du-Nord.	»	»	»	»
Creuse.	50.866	3.564.268	»	3.615.134
Dordogne.	»	»	7.824	7.824
Doubs.	»	»	»	»
Drôme.	»	»	16.923	16.923
Eure.	»	»	»	»
Eure-et-Loir.	»	»	»	»
Finistère.	»	»	»	»
Gard.	»	16.818.208	265.910	17.084.118
Garonne (Haute-).		»	»	»
Gers.	»	»	»	»
Gironde.	»	»	»	»
Hérault.	120.000	2.735.000	36.500	2.891.500
Ille-et-Vilaine.	»	»	»	»
Indre.	»	»	»	»
Indre-et Loire.	»	»	»	»
Isère.	873.410	»	25.000	898.410
Jura.	»	»	»	»
Landes.	»	»	»	»
Loir-et-Cher.	»	»	»	»
Loire.	100.000	38.558.804	»	38.658.804
Loire (Haute-).	»	1.528.979	»	1.528.979
Loire-Inférieure.	»	243.000	»	243.000
Loiret.	»	»	»	»
Lot.	»	9.840	»	9.840
Lot-et-Garonne.	»	»	»	»
Lozère.	»	»	»	»
Maine-et-Loire.	458.360	»	»	458.360
Manche.	»	»	»	»
Marne.	»	»	»	»
Marne (Haute-).	»	»	»	»
Mayenne.	840.333	138.020	»	978.353
Meurthe-et-Moselle.	»	»	»	»
Meuse.	»	»	»	»
Morbihan.	»	»	»	»
Nièvre.	»	1.367.461	»	1.367.461
Nord.	6.185.963	28.529.655	»	34.715.618
Oise.	»	»	»	»
Orne.	»	»	»	»
Pas-de-Calais.	»	29.786.468	»	29.786.468
Puy-de-Dôme.	215.740	2.403.153	»	2.618.893
Pyrénées (Basses-).	1.000	»	»	1.000
Pyrénées (Hautes-).	»	»	16.000	16.000
Pyrénées-Orientales.	»	»	»	»
Rhin (Haut-). T. de Belfort.	»	»	»	»
Rhône.	»	378.900	»	378.900
Saône (Haute-).	»	2.056.075	89.716	2.145.791
Saône-et-Loire.	1.460.584	8.842.772	»	10.303.356
Sarthe.	291.499	»	»	291.499
Savoie.	150.920	»	»	150.920
A reporter.	11.095.810	156.180.912	4.473.873	171.750.595

DÉPARTEMENTS.	PRODUITS DES EXPLOITATIONS distingués en trois catégories.			
	Anthracite.	Houille.	Lignite, stipite, etc.	Totaux.
	quint. métr.	quint. métr.	quint. métr.	quint. métr.
Report	11.095.810	156.180.912	4.473.873	171.750 595
Savoie (Haute-)	1.812	»	41.722	43.534
Seine	»	»	»	»
Seine-Inférieure	»	»	»	»
Seine-et-Marne	»	»	»	»
Seine-et-Oise	»	»	»	»
Sèvres (Deux-)	»	201.000	»	201.000
Somme	»	»	»	»
Tarn	»	2.276.859	»	2.276.859
Tarn-et-Garonne	»	»	»	»
Var	4.500	80.000	76.000	160.500
Vaucluse	»	»	41.940	41.940
Vendée	»	332.020	»	332.020
Vienne	»	»	»	»
Vienne (Haute-)	»	»	»	»
Vosges	»	»	51.406	51.406
Yonne	»	»	»	»
Totaux	11.102.122	159.070.791	4.684.942	174.857.855

Tableau, par bassin, de la production des combustibles minéraux pendant l'année 1873.

NOMS DES BASSINS.	NOMS DES DÉPARTEMENTS dans lesquels les bassins sont situés.	PRODUCTION des bassins.
		quint. métr.
Valenciennes	Nord. Pas-de-Calais.	64.177.306
Loire	Loire. Rhône.	38.358.804
Alais	Ardèche. Gard.	16.886.392
Commentry	Allier.	11.018.970
Creuzot et Blanzy	Saône-et-Loire.	8.333.335
Aubin	Aveyron.	6.873.296
Ahun	Creuse.	3.564.368
Aix	Bouches-du-Rhône. Var.	3.491.000
Graissessac	Hérault.	2.830.000
Carmaux	Tarn.	2.276.859
Saint-Eloy	Puy-de-Dôme.	2.144.748
Ronchamp	Saône (Haute-).	2.054.635
Brassac	Loire (Haute-). Puy-de-Dôme.	1.921.479
Épinac	Saône-et-Loire.	1.644.161
Decize	Nièvre.	1.267.454
La Maine	Mayenne. Sarthe.	1.131.832
Le Drac	Isère.	865.000
	A reporter	168.132.770

NOMS DES BASSINS.	NOMS DES DÉPARTEMENTS dans lesquels les bassins sont situés.	PRODUCTION des bassins.
		quint. métr.
	Report.	169.137.770
Basse-Loire	Loire-Inférieure. Maine-et-Loire.	701.360
Buxière-la-Grue	Allier.	625.000
Vouvant et Chantonnay	Sèvres (Deux-). Vendée.	533.020
Manosque	Alpes (Basses-). Vaucluse.	517.740
Bert	Allier.	416.782
Sainte-Foy-l'Argentière	Rhône.	378.900
Hardinghen	Pas-de-Calais.	324.880
La Chapelle-sous-Dun	Saône-et-Loire.	303.872
Maurienne-Tarentaise et Briançon	Alpes (Hautes-). Savoie.	219.920
Bagnols	Gard.	186.943
Rodez	Aveyron.	145.744
Saint-Pierre-la-Cour	Mayenne.	138.020
Littry	Calvados. Manche.	131.881
Roanne	Loire.	100.000
Gouhenans	Saône (Haute-).	89.716
Fréjus	Var.	84.500
Aubenas	Ardèche.	82.468
La Cadière	Var.	65.000
Milhau	Aveyron.	56.278
Langeac	Loire (Haute-).	55.257
Norroy	Vosges.	51.406
Bourganeuf	Creuse.	50.866
Entreverne	Savoie (Haute-).	41.723
Barjac	Gard.	39.607
Sincey	Côte-d'Or.	37.103
Célas	Gard.	35.000
Orange	Vaucluse.	31.166
La Caunette	Aude. Hérault.	30.500
Bourg-Lastic	Puy-de-Dôme.	29.388
La Tour-du-Pin	Isère.	25.000
Roujan	Hérault.	25.000
Forges	Saône-et-Loire.	22.098
Montélimart	Drôme.	16.923
Orignac	Pyrénées (Hautes-).	16.000
Champagnac	Cantal.	15.926
Terrasson	Corrèze. Dordogne.	14.478
Montoulieu	Hérault.	13.000
Douvres	Ain.	11.266
Méthamis	Vaucluse.	10.774
Saint-Perdoux	Lot.	9.846
Simeyrols	Dordogne.	7.824
Oisans	Isère.	7.500
Meymac	Corrèze.	6.801
Trévezel	Gard.	4.366
Argentat	Corrèze.	3.603
Vagnas	Ardèche.	1.936
Coupeau	Savoie (Haute-).	1.812
Ibantelly	Pyrénées (Basses-).	1.000
Communay	Isère.	910
	Total.	174.857.855

II. INDUSTRIE SIDÉRURGIQUE.

Tableau, par département, de la production des fontes pendant l'année 1873.

DÉPARTEMENTS.	FONTE au combustible végétal.	FONTE aux deux combustibles.	FONTE au combustible minéral.	PRODUCTION totale.
	quint. métr.	quint. métr.	quint. métr.	quint. métr.
Ain	»	»	»	»
Aisne	»	»	»	»
Allier	»	»	924.433	924.433
Alpes (Basses-)	»	»	»	»
Alpes (Hautes-)	»	»	»	»
Alpes-Maritimes	»	»	»	»
Ardèche	»	»	979.450	979.450
Ardennes	66.500	»	173.500	240.000
Ariége	»	6.204	154.585	160.789
Aube	»	14.946	»	14.946
Aude	»	»	»	»
Aveyron	»	»	335.190	335.190
Bouches-du-Rhône	»	»	330.000	330.000
Calvados	»	»	»	»
Cantal	»	»	»	»
Charente	»	»	»	»
Charente-Inférieure	»	»	»	»
Cher	87.330	»	174.780	262.110
Corrèze	»	»	»	»
Corse	144.365	»	»	144.365
Côte-d'Or	41.700	»	80.000	121.700
Côtes-du-Nord	13.520	»	»	13.520
Creuse	»	»	»	»
Dordogne	38.550	»	»	38.550
Doubs	20.080	»	»	20.080
Drôme	»	»	»	»
Eure	»	»	7.154	7.154
Eure-et-Loir	»	»	26.057	26.057
Finistère	»	»	»	»
Gard	»	»	585.108	585.108
Garonne (Haute-)	»	»	»	»
Gers	»	»	»	»
Gironde	40.400	»	»	40.400
Hérault	»	»	»	»
Ille-et-Vilaine	23.486	»	»	23.486
Indre	13.100	»	»	13.100
Indre-et-Loire	»	»	»	»
Isère	11.360	»	172.500	183.860
Jura	4.920	»	214.918	219.838
Landes	139.400	»	»	139.400
Loir-et-Cher	»	»	»	»
Loire	»	»	422.085	422.085
Loire (Haute-)	»	»	»	»
Loire-Inférieure	»	»	»	»
Loiret	»	»	»	»
Lot	»	»	»	»
Lot-et-Garonne	16.800	»	137.500	154.300
Lozère	»	»	»	»
Maine-et-Loire	»	»	»	»
Manche	»	»	»	»
A reporter	661.511	21.150	4.717.260	5.399.921

DÉPARTEMENTS.	FONTE au combustible végétal.	FONTE aux deux combustibles.	FONTE au combustible minéral.	PRODUCTION totale.
	quint. métr.	quint. métr.	quint. métr.	quint. métr.
Report	661.511	21.150	4.717.260	5.399.921
Marne	»	»	21.119	21.119
Marne (Haute-)	272.298	461.028	341.027	1.074.353
Mayenne	»	57.568	»	57.568
Meurthe-et-Moselle	52.408	»	2.538.043	2.590.451
Meuse	81.900	29.400	232.600	343.900
Morbihan	34.924	»	»	34.924
Nièvre	»	»	»	»
Nord	»	»	1.118.786	1.118.786
Oise	»	»	»	»
Orne	»	»	9.000	9.000
Pas-de-Calais	»	»	600.000	600.000
Puy-de-Dôme	»	»	»	»
Pyrénées (Basses-)	»	»	»	»
Pyrénées (Hautes-)	»	»	»	»
Pyrénées-Orientales	60.000	»	»	60.000
Rhin (Haut-). T. de Belfort	»	»	»	»
Rhône	»	»	749.275	749.275
Saône (Haute-)	136.390	»	»	136.390
Saône-et-Loire	»	»	1.389.662	1.389.662
Sarthe	»	16.127	»	16.127
Savoie	12.190	»	»	12.190
Savoie (Haute-)	»	»	»	»
Seine	»	»	»	»
Seine-Inférieure	»	»	»	»
Seine-et-Marne	»	»	»	»
Seine-et-Oise	»	»	»	»
Sèvres (Deux-)	»	»	»	»
Somme	»	»	»	»
Tarn	»	»	»	»
Tarn-et-Garonne	»	»	»	»
Var	»	»	»	»
Vaucluse	8.549	»	»	8.549
Vendée	»	»	»	»
Vienne	»	»	47.500	47.500
Vienne (Haute-)	»	»	»	»
Vosges	»	»	»	»
Yonne	»	»	»	»
Totaux	1.320.170	585.273	11.764.272	13.669.715

Tableau, par département, de la production des fers pendant l'année 1873.

DÉPARTEMENTS.	FER au combustible végétal.	FER aux deux combustibles.	FER au combustible minéral.			PRODUCTION totale.
			Rails.	Autres fers que les rails.	Totaux.	
	q. métr.	q. métr.	q. métr.	q. métr.	q. métr.	q. métr.
Ain	»	»	»	»	»	»
Aisne	»	»	»	»	»	»
Allier	2.300	36.093	48.004	273.257	321.261	359.654
Alpes (Basses-)	»	»	»	»	»	»
Alpes (Hautes-)	»	»	»	»	»	»
Alpes-Maritimes	»	»	»	»	»	»
A reporter	2.300	36.093	48.004	273.257	321.261	359.654

DÉPARTEMENTS.	FER au combustible végétal.	FER aux deux combustibles.	FER au combustible minéral. Rails.			PRODUCTION totale.
			Rails.	Autres fers que les rails.	Totaux.	
	q. métr.	q. métr.	q. métr.	q. métr.	q. métr.	q. métr.
Report.	2.300	36.093	48.004	273.257	321.261	359.654
Ardèche.	»	»	»	»	»	»
Ardennes.	»	3.000	20.000	389.500	409.500	412.500
Ariége.	3.300	»	»	97.595	97.595	100.895
Aube.	»	17.790	»	39.931	39.931	57.721
Aude.	»	»	»	»	»	»
Aveyron.	»	»	264.840	135.720	400.560	400.560
Bouches-du-Rhône. .	»	»	»	11.934	11.934	11.934
Calvados.	»	»	»	»	»	»
Cantal.	»	»	»	»	»	»
Charente.	1.020	»	»	21.260	21.260	22.280
Charente-Inférieure. .	»	»	»	»	»	»
Cher.	»	29.504	»	25.804	25.804	55.308
Corrèze.	»	»	»	»	»	»
Corse.	5.940	»	»	»	»	5.940
Côte-d'Or.	28.000	»	»	150.000	150.000	178.000
Côtes-du-Nord.	852	»	»	19.928	19.928	20.780
Creuse.	»	»	»	»	»	»
Dordogne.	17.500	26.900	»	26.950	26.950	71.350
Doubs.	21.800	»	»	7.100	7.100	28.900
Drôme.	»	»	»	»	»	»
Eure.	»	»	»	»	»	»
Eure-et-Loir.	»	»		»	»	»
Finistère.	»	»	»	8.905	8.905	8.905
Gard.	»	»	104.455	177.704	282.159	282.159
Garonne (Haute-). . .	»	»	»	12.000	12.000	12.000
Gers.	»	»	»	»	»	»
Gironde.	»	»	»	1.780	1.780	1.780
Hérault.	»	»	»	»	»	»
Ille-et-Vilaine. . . .	»	1.867	»	»	»	1.867
Indre.	7.500	5.700	»	2.350	2.350	15.550
Indre-et-Loire. . . .	»	»	»	»	»	»
Isère.	»	14.500	5.670	90.100	95.770	110.270
Jura.	12.800	»	35.200	144.500	179.700	192.500
Landes.	17.110	19.640	»	»	»	36.750
Loir-et-Cher.	1.800	»	»	»	»	1.800
Loire.	»	»	106.504	736.130	842.634	842.634
Loire (Haute-). . . .	»	»	»	»	»	»
Loire-Inférieure. . . .	»	»	»	76.110	76.110	76.110
Loiret.	»	»	»	»	»	»
Lot.	»	»	»	»	»	»
Lot-et-Garonne. . . .	»	»	»	380	380	380
Lozère.	»	»	»	»	»	»
Maine-et-Loire. . . .	»	»	»	»	»	»
Manche.	»	»	»	»	»	»
Marne.	»	»	»	»	»	»
Marne (Haute-). . . .	»	»	»	704.680	704.680	704.680
Mayenne.	»	»	»	»	»	»
Meurthe-et-Moselle. .	10.167	36.970	»	171.000	171.000	218.137
Meuse.	»	»	»	145.300	145.300	145.300
Morbihan.	»	»	»	»	»	»
Nièvre.	2.600	18.398	»	239.324	239.324	260.322
Nord.	»	»	621.572	1.180.130	1.801.702	1.801.702
Oise.	»	»	»	143.416	143.446	143.446
Orne.	350	»	»	»	»	350
Pas-de-Calais.	»	»	»	4.000	4.000	4.000
Puy-de-Dôme.	»	»	»	»	»	»
Pyrénées (Basses-). .	1.893	»	»	»	»	1.893
A reporter. . . .	134.932	210.362	1.206.845	5.038.788	6.245.033	6.590.327

DÉPARTEMENTS	FER au combustible végétal.	FER aux deux combustibles.	FER au combustible minéral.			PRODUCTION totale.
			Rails.	Autres fers que les rails.	Totaux.	
	q. métr.	q. métr.	q. métr.	q. métr.	q. métr.	q. métr.
Report.	134.932	210.362	1.206.245	5.038.788	6.245.033	6.590.327
Pyrénées (Hautes-). .	»	»	»	»	»	»
Pyrénées-Orientales. .	6.500	»	»	»	»	6.500
Rhin (Haut-), territoire de Belfort. . .	12.922	»	»	»	»	12.922
Rhône.	»	»	»	»	»	»
Saône (Haute-). . . .	5.800	15.090	»	»		20.890
Saône-et-Loire. . . .	»	8.143	269.187	341.314	610.501	618.644
Sarthe.	1.557	»	»	»	»	1.557
Savoie.	382	34	»	»	»	416
Savoie (Haute-). . . .	450	3.300	»	2.400	2.400	6.150
Seine.	»	»	»	180.658	180.658	180.658
Seine-Inférieure. . . .	»	»	»	8.495	8.495	8.495
Seine-et-Marne. . . .	»	»		»	»	»
Seine-et-Oise.	»	»	»	29.751	29.751	29.751
Sèvres (Deux-). . . .	»	»	»	»	»	»
Somme.	»	»	»	6.550	6.550	6.550
Tarn.	»	»	»	7.000	7.000	7.000
Tarn-et-Garonne. . .	»	»		»	»	»
Var.	»	»	»	»	»	»
Vaucluse.	»	»	»	»	»	»
Vendée.	»	»	»	»	»	»
Vienne.	1.691	»	»	»	»	1.691
Vienne (Haute-). . .	»	»	»	»	»	»
Vosges.	31.680	»	»	»	»	31.680
Yonne.	358	»	»	79.100	79.100	79.458
Totaux.	196.272	236.929	1.475.432	5.694.056	7.169.488	7.602.689

Tableau, par département, de la production des tôles pendant l'année 1873.

DÉPARTEMENTS producteurs.	TOLES produites avec des fers fabriqués			PRODUCTION totale.
	au combustible végétal.	aux deux combustibles.	au combustible minéral.	
	quint. métr.	quint. métr.	quint. métr.	quint. métr.
Aisne.	»	»	13.900	13.900
Allier.	»	»	82.142	82.142
Ardennes.	17.800	34.500	135.100	187.400
Aveyron.	»	»	8.710	8.710
Côte-d'Or.	4.442	»	11.880	16.322
Doubs.	25.100	»	11.000	36.100
Isère.	»	730	7.770	8.500
Jura.	8.379	»	76.382	84.761
Loire.	»	»	181.600	181.600
Marne (Haute-). . . .	»	16.852	32.920	49.772
Morbihan.	15.461	»	4.098	19.559
Nièvre.	»	11.950	»	11.950
Nord.	»	»	224.639	224.639
Oise.	4.756	25.247	84.912	114.915
Saône (Haute-). . . .	10.262	»	»	10.262
Saône-et-Loire. . . .	21.750	»	196.460	218.210
Savoie (Haute-). . . .	140	»	6.350	6.490
Vosges.	21.000	»	»	21.000
Totaux. . . .	129.090	89.279	1.077.863	1.296.232

Tableau, par département, de la production des aciers pendant l'année 1873.

DÉPARTEMENTS producteurs.	ACIERS de forge.	ACIERS puddlés.	ACIERS Bessemer et Martin.	ACIERS de cémentation.	PRODUCTION totale des aciers de forge, puddlés, Bessemer et Martin et de cémentation.	ACIERS fondus.
	q. métr.	q. métr.	q. métr.	q. métr.	quint. métr.	q. métr.
Allier.	»	»	72.000	»	72.000	»
Ardennes.	»	»	»	»	»	350
Ariége.	350	15.189	»	2 240	17.779	590
Charente.	»	»	4.338	»	4.338	»
Finistère.	»	»	»	»	»	1.019
Gard.	»	»	226.960	»	226.960	»
Garonne (Haute-). .	»	»	»	6.000	6.000	»
Isère.	2.200	45.000	5.600	2.000	54.800	2.430
Loire.	»	95.451	449.842	24.899	570.192	84.280
Meurthe-et-Moselle.	»	2.850	»	»	2.850	»
Nièvre.	»	7.475	61.892	58	69.425	2.200
Rhône.	»	»	114.461	»	114.461	»
Saône (Haute-). . .	»	»	»	480	480	420
Saône-et-Loire. . .	»	»	411.290	»	411.290	»
Seine.	»	»	4.670	»	4.670	»
Tarn.	»	»	»	440	440	727
Totaux.	2.550	165.965	1.351.053	36.117	1.555.685	92.016

B. — PRODUCTION COMPARÉE DES COMBUSTIBLES MINÉRAUX, DES FONTES, DES FERS, DES TÔLES ET DES ACIERS, EN FRANCE, PENDANT LES ANNÉES 1859 A 1873 (*).

I. — COMBUSTIBLES MINÉRAUX.

ANNÉES.	PRODUCTION totale de la France.	PRODUCTION des bassins de la Sarre française, de Bouxwiller et de Lobsann.	PRODUCTION des bassins compris dans les limites actuelles de la France.
	quint. métr.	quint. métr.	quint. métr.
1859	76.342.376	544.120	76.266.556
1860	83.036.818	630.405	82.406.323
1861	94.233.200	746.874	93.486.326
1862	102.903.447	1.050.834	101.852.613
1863	107.096 586	1.339.395	105.757.191
1864	112.426 337	1.502.987	110.923.350
1865	116.004.049	1.596.167	114.407.882
1866	122.600 853	1.873.332	120.727.521
1867	127.386.863	1.865.092	125.521.771
1868	132.538.761	1.925.313	130.613.448
1869	134.642.852	2.475.827	132.166.225
1870	133.303.080	1.986.285	131.316.795
1871	132.589.208	»	132.589.208
1872	158.025.146	»	158.025.146
1873	174.857.855	»	174.857.855

(*) Les cinq tableaux (B) sont tirés de documents publiés, par ordre de M. le Ministre des travaux publics, dans le *Journal officiel* du 21 janvier 1875. Cette publication ayant eu lieu au cours de l'impression de la présente livraison, il a paru bon d'insérer ces tableaux à la suite des tableaux (A) pour l'année 1873.

II. — INDUSTRIE SIDÉRURGIQUE.

Production de la fonte.

ANNÉES.	FONTE au combustible végétal.	FONTE aux deux combustibles.	FONTE au combustible minéral.	PRODUCTION totale.	PRODUCTION des départements de la Moselle, de la Bas-Rhin, du Bas-Rhin et du Haut-Rhin.	PRODUCTION des départements compris dans les limites actuelles de la France.
	quint. métr.	quint. métr.	quint. métr.	quint. métr.	quint. métr.	quint. métr.
1859	3.334.574	5.309.419		8.643.993	1.047.172	7.586.821
1860	3.165.006	3.818.527		8.983.533	1.004.206	7.979.327
1861	2.760.185	1.016.479	5.892.282	9.668.946	1.374.465	8.294.491
1862	2.738.933	996.481	7.172.963	10.908.377	1.622.637	9.285.740
1863	2.561.147	915.517	8.092.087	11.568.751	1.629.674	9.339.077
1864	2.245.097	1.121.046	8.761.364	12.127.507	1.786.346	10.341.161
1865	1.939.281	878.747	9.219.078	12.037.106	2.137.382	9.899.724
1866	1.841.524	839.319	9.922.640	12.603.483	2.676.380	9.927.103
1867	1.551.635	749.521	9.989.288	12.290.444	2.971.379	9.319.065
1868	1.312.315	658.284	10.382.480	12.353.079	3.004.395	9.348.684
1869	1.126.909	654.408	12.028.333	13.809.650	3.620.655	10.188.995
1870	899.121	400.878	10.481.137	11.781.136	2.542.716	9.238.420
1871	709.122	130.981	7.756.310	8.596.413	»	8.596.413
1872	901.040	601.343	10.675.998	12.178.381	»	12.178.381
1873	1.320.170	585.273	11.764.272	13.669.715	»	13.669.715

Production du fer.

ANNÉES.	FER au combustible végétal.	FER aux deux combustibles.	FER au combustible minéral.	PRODUCTION totale.	PRODUCTION des départements de la Moselle, du Bas-Rhin et du Haut-Rhin.	PRODUCTION des départements compris dans les limites actuelles de la France.
	quint. métr.	quint. métr.	quint. métr.	quint. métr.	quint. métr.	quint. métr,
1859	1.057.595		4.276.218	5.333.813	665.580	4.668.233
1860	702.142	262.013	4.357.964	5.322.119	884.537	4.437.582
1861	591.192	241.709	5.478.875	6.311.776	1.130.759	5.181.017
1862	674.846	203.581	6.464.146	7.342.573	1.537.076	5.805.497
1863	754.440	203.617	6.744.386	7.702.443	1.287.786	6.414.657
1864	584.766	275.562	7.060.253	7.920.581	1.349.852	6.570.739
1865	473.896	263.346	6.955.159	7.692.401	1.877.359	5.815.042
1866	440.169	304.723	7.448.942	8.193.834	1.595.115	6.598.719
1867	456.195	232.050	7.074.535	7.762.780	1.623.683	6.139.597
1868	325.618	202.673	7.608.992	8.137.283	1.911.286	6.225.997
1869	328.673	223.586	8.484.936	9.037.195	2.044.702	6.992.493
1870	222.765	236.566	6.141.236	6.600.567	1.207.876	5.392.691
1871	158.340	214.822	5.178.604	5.551.766	»	5.551.766
1872	162.504	270.128	7.111.180	7.543.812	»	7.543.812
1873	196.272	236.929	7.169.488	7.602.689	»	7.602.689

Production de la tôle.

ANNÉES.	TOLE produite avec des fers. au combustible végétal.	aux deux combustibles.	au combustible minéral.	PRODUCTION totale.	PRODUCTION des départements de la Moselle, du Bas-Rhin et du Haut-Rhin.	PRODUCTION des départements compris dans les limites actuelles de la France.
	quint. métr.	quint. métr.	quint. métr.	quint. métr.	quint. métr.	quint. métr.
1859	194.392	499.264		693.656	44.187	649.469
1860	164.469	471.444		635.913	41.200	594.713
1861	135.765	654.286		790.051	53.340	736.711
1862	110.129	619.589		729.718	51.253	678.465
1863	101.222	633.588		734.810	71.610	663.200
1864	125.306	874.736		1.000.042	61.960	938.082
1865	116.323	70.535	822.290	1.009.148	56.437	952.711
1866	116.120	73.713	870.704	1.060.537	68.102	992.435
1867	142.362	47.468	785.552	975.382	72.365	903.017
1868	196.313	40.771	758.142	1.020.226	63.490	956.736
1869	124.160	67.120	883.131	1.074.411	54.890	1.019.521
1870	93.548	43.309	694.163	831.020	45.364	785.656
1871	95.457	39.425	672.127	807.009	»	807.009
1872	125.839	51.575	1.120.815	1.298.229	»	1.298.229
1873	129.090	89.279	1.077.863	1.296.232	»	1.296.232

Production de l'acier.

ANNÉES.	ACIER de forge.	ACIER puddlé.	ACIER Bessemer et Martin.	ACIER de cémentation.	PRODUCTION totale.	PRODUCTION des départements de la Moselle, du Bas-Rhin et du Haut-Rhin.	PRODUCTION des départements compris dans les limites actuelles de la France.
	q. m.	q. m.	quint. m.	quint. m.	quint. m.	quint. métr.	quint. métr.
1859	132.436		»	58.105	190.541	21.313	169.228
1860	169.171		»	64.138	233.309	20.860	212.449
1861	218.785		»	84.519	303.304	41.605	261.699
1862	264.741		»	111.394	376.135	71.229	304.906
1863	206.022		»	75.647	281.669	27.940	253.729
1864	245.516		»	69.774	315.290	33.397	281.893
1865	22.171	176.344	96.472	58.664	353.651	35.484	318.167
1866	16.306	150.380	99.773	50.194	316.653	33.785	282.868
1867	16.550	166.177	177.680	44.161	404.568	36.011	368.557
1868	6.696	203.774	458.604	43.038	712.112	48.910	663.202
1869	13.310	248.610	701.131	63.096	1.026.147	53.298	972.849
1870	9.150	188.657	612.419	52.294	862.520	24.632	837.888
1871	1.950	135.208	623.817	37.138	798.113	»	798.113
1872	2.638	157.741	1.103.283	37.222	1.300.884	»	1.300.884
1873	2.550	165.965	1.351.053	36.117	1.555.685	»	1.555.685

STATISTIQUE MINÉRALE DE L'ANGLETERRE
POUR LES ANNÉES 1872 ET 1873.

Les *Annales des mines* ont publié, il y un an (7e série, t. IV, p. 630 et suiv.), la statistique de l'industrie minérale anglaise pour les années 1859 à 1871; comme le faisait remarquer dans ce travail M. l'ingénieur Voisin, les conditions de publication des *Mineral Statistics* devaient se trouver changées à partir de 1872, par la mise en vigueur des actes du Parlement sur la réglementation des mines de charbon et des mines métalliques. Les comptes-rendus statistiques, qui jusqu'alors étaient demandés à la bonne volonté des exploitants, devenaient obligatoires pour eux, et l'on espérait que la publication des *Mineral Statistics* se trouverait par là singulièrement facilitée. Cette espérance n'a pas été réalisée, et M. Robert Hunt s'est trouvé obligé de nouveau de s'adresser directement aux industriels pour obtenir les renseignements qui lui manquaient. L'acte relatif aux mines métalliques ne demande en effet qu'un état des quantités de minerais extraites, sans comprendre ni la valeur ni la teneur de ces minerais. Pour les houillères, l'acte du Parlement spécifie que les états statistiques ne pourront être examinés que par les Inspecteurs des mines et par le secrétaire d'État du département de l'Intérieur. M. Robert Hunt n'ayant pu en 1873, malgré ses fonctions de *Keeper of mining records*, en prendre connaissance et n'ayant entre les mains que les totaux bruts, a dû recourir à d'autres sources pour la vérification de ceux de ces totaux qu'il avait des raisons de croire inexacts. Aussi a-t-il demandé l'année suivante aux propriétaires de mines et obtenu de la plupart d'entre eux des états statistiques spéciaux lui donnant les chiffres qu'il ne pouvait avoir par les comptes-rendus officiels.

On voit donc que les deux actes du Parlement dont nous avons parlé n'ont à peu près rien changé dans l'établissement des *Mineral Statistics*, et que, comme par le passé, la plupart des renseignements sont fournis bénévolement par les industriels ou extraits de sources spéciales, telles que les rapports à la *Stannary Court* ou au duché de Cornwall.

La livre sterling a été comptée à 25 francs, et l'once (métaux précieux) à 31^fr^,103.

Quant aux tonnes, nous avons laissé les chiffres anglais sans les transformer : les totaux des *Mineral Statistics* varient en effet suivant l'origine des renseignements, et les différences qui existent entre les chiffres provenant des différentes sources sont supérieures à celles qu'aurait introduites la conversion des tonnes anglaises en tonnes françaises, de sorte que cette conversion n'aurait été d'aucun intérêt. (Voir, pour la valeur exacte de la tonne, le travail cité de M. Voisin.)

ÉTAIN.

Production du Royaume-Uni (Smelters Returns).

		1872.	1873.
Minerai d'étain. .	Quantité.	14.266 tonnes.	14.885 tonnes.
	Valeur. .	31.403.375 francs.	26.420.875 francs.
Étain.	Quantité.	9.560 tonnes.	9.972 tonnes.
	Valeur. .	36.499.750 francs.	33.244.150 francs.
Prix de la tonne d'étain (common block).	. . . .	3.819 francs.	3.334 francs.

Importation d'étain (lingots, barres et régule).

PROVENANCES :	1872.	1873.
	tonnes.	tonnes.
Détroits.	6.095	4.812
Hollande.	298	1.770
Autres pays.	1.949	1.209
Totaux.	8.342	7.791

Exportation d'étain.

DESTINATIONS :	1872		1873	
	Étain anglais.	Étain réexporté.	Étain anglais.	Étain réexporté.
	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
France.	1.505	975	990	546
Allemagne.	746	232	630	88
Russie.	620	57	848	109
États-Unis d'Amérique.	949	513	1.598	222
Autres pays.	1.874	655	1.692	458
Totaux.	5.694	2.432	5.758	1.443

CUIVRE.

Production du Royaume-Uni.

		1872.	1873.
Minerai de cuivre.	Quantité.	91.983 tonnes.	80.188 tonnes.
	Valeur. .	11.093.450 francs.	8.567.700 francs.
Cuivre.	Quantité.	5.703 tonnes.	5.240 tonnes.
	Valeur. .	14.580.800 francs.	12.570.550 francs.

Prix de la tonne de cuivre sur le marché de Londres.

		1872.	1873.
		francs.	francs.
Best selected. . .	Prix moyen. .	2.606	2.397
	Prix extrêmes.	2.312 à 2.975	2.237 à 2.500
Tough cake. . . .	Prix moyen. .	2.444	2.344
	Prix extrêmes.	2.262 à 2.950	2.187 à 2.450

Importation de minerais.

PROVENANCES :	1872.	1873.
	tonnes.	tonnes.
Cap de Bonne-Espérance.	11.568	10.281
Espagne.	7.229	4.789
Italie.	5.455	4.484
Amérique anglaise du Nord.	5.624	6.781
Etats-Unis.	3.038	1.733
Portugal et Açores.	2.521	1.998
Bolivie.	1.546	2.148
Chili.	1.432	13.244
Australie du Sud.	1.157	1.229
Divers.	4.086	4.082
	43.656	50.769

Importation de mattes.

PROVENANCES :	1872.	1873.
	tonnes.	tonnes.
Cap de Bonne-Espérance.	1.110	846
Bolivie.	1.369	878
Chili.	23.364	22.265
Divers.	2.946	3.919
	28.779	27.908

Importation de cuivre (lingots, barres, feuilles, vieux cuivre).

PROVENANCES :	1872.	1873.
	tonnes.	tonnes.
Chili.	27.534	20.332
Australie.	11.666	10.595
Chine.	3.146	308
France.	1.503	231
Divers.	4.551	3.812
	48.400	35.278

Exportation de cuivre de production anglaise.

DESTINATIONS :	1872.	1873.
	tonnes.	tonnes.
Inde anglaise.	4.211	4.325
France.	4.232	3.490
Allemagne.	4.455	4.452
Hollande.	3.747	3.032
États-Unis.	3.770	2.869
Belgique.	1.704	2.214
Italie.	1.730	1.675
Russie.	1.536	1.772
Divers.	8.753	11.141
	34.338	34.970

Réexportation de cuivre importé.

1872.	1873.
12.358 tonnes.	20.441 tonnes.

PLOMB ET ARGENT.

Production du Royaume-Uni.

		1872	1873
Minerai de plomb.	Quantité.	83.968 tonnes.	73.560 tonnes.
	Valeur. .	28.654.125 francs.	28.297.678 francs.
Plomb.	Quantité.	60.455 tonnes.	54.235 tonnes.
	Valeur. .	30.237.875 francs.	31.584.375 francs.
Argent.	Quantité.	19.561ᵏ,299	16.724ᵏ,300.
	Valeur. .	3.930.750 francs.	3.276.925 francs.

	1872	1873
Rendement moyen des minerais en plomb.	72 p. 100.	73,79 p. 100.
Rendement moyen du plomb en argent (aux 100 kil.).	32gr,35	30gr,45

Prix de la tonne de plomb sur le marché de Londres.

		1872	1873
		francs.	francs.
Saumon.	Prix moyen. . . .	500	582
	Prix extrêmes. . .	477 à 546	546 à 602
Feuille.	Prix moyen. . . .	531	610
	Prix extrêmes. . .	509 à 569	569 à 634
Saumon W. B. .	Prix moyen. . . .	542	609
	Prix extrêmes. . .	519 à 571	540 à [illegible]

Importation de minerai.

PROVENANCES :	1872	1873
	tonnes.	tonnes.
Italie	5.820	6.428
Etats-Unis	2.709	413
Chili	1.380	441
Espagne	1.348	1.395
France	1.311	1.787
Divers	1.992	1.224
Totaux	14.560	11.688

Importation de plomb (saumons et feuilles).

PROVENANCES :	1872	1873
	tonnes.	tonnes.
Espagne	53.484	47.451
Grèce	9.514	7.133
Hollande	3.455	2.690
Belgique	256	2.277
Portugal	2.250	2.285
Divers	882	727
Totaux	69.841	62.563

Exportation de plomb de production anglaise (saumons, feuilles, tuyaux et plomb de chasse).

DESTINATIONS :	1872	1873
	tonnes.	tonnes.
États-Unis	8.353	2.917
Russie	8.032	7.819
Allemagne	5.108	3.641
Chine et Hong-Kong	7.082	3.935
Australie	1.859	1.812
France	2.022	1.494
Hollande	1.487	1.002
Divers	11.391	9.390
Totaux	45.334	32.010

Réexportation de plomb importé.

1872	1873
tonnes.	tonnes.
2.095	322

ZINC.

Production du Royaume-Uni.

		1872	1873
Minerai de zinc (presque exclusivement de la blende)	Quantité.	18.542 tonnes.	15.969 tonnes.
	Valeur.	1.848.775 francs.	1.529.150 francs.
Zinc	Quantité.	5.191 tonnes.	4.471 tonnes.
	Valeur.	2.951.900 francs.	3.002.475 francs.

Prix de la tonne de zinc sur le marché de Londres.

		1872	1873
		francs.	francs.
Lingots.	Prix moyen......	569	669
	Prix extrêmes.....	544 à 594	594 à 703
Feuilles.	Prix moyen......	706	822
	Prix extrêmes.....	650 à 794	794 à 837

Importation de minerais.

PROVENANCES :	1872	1873
	tonnes.	tonnes.
Italie..................	25.266	21.693
Espagne.................	5.010	5.129
Norwége.................	1.379	1.114
France..................	843	1.486
Divers..................	164	665
Totaux..............	32.662	30.087

Importation de zinc.

PROVENANCES :	1872	1873
	tonnes.	tonnes.
Belgique................	10.329	8.781
Hollande................	7.433	8.514
Allemagne...............	7.115	11.522
France..................	1.965	3.298
Divers..................	276	386
Totaux..............	27.118	32.501

Exportation de zinc de production anglaise.

DESTINATIONS :	1872	1873
	tonnes.	tonnes.
Inde anglaise...............	3.755	1.716
Australie...................	228	328
France......................	59	427
Divers......................	1.004	970
Totaux..............	5.047	3.441

Réexportation de zinc importé.

1872	1873
tonnes.	tonnes.
2.226	1.045

FER.

Production des minerais

COMTÉS.	NATURE des minerais.	1872 Quantités.	1872 Valeurs.	1873 Quantités.	1873 Valeurs.
		tonnes.	francs.	tonnes.	francs.
Cornwall	Hématite brune	48.110	674.492	30.727	619.375
	Fer spathique	90	1.350	528	10.243
	Oxyde magnétique	»	»	200	3.750
Devonshire	Hématite brune	24.180	304.800	4.114	80.210
	Oxyde magnétique	5.000	82.500	600	11.250
	Minerai micacé	181	1.520	»	»
	Fer spathique	»	»	4.800	90.000
Somersetshire	Hématite brune	2.000	37.500	15.919	298.450
	Fer spathique	27.943	697.925	28.982	724.550
	Carbonate argileux	1.000	18.750	1.632	30.730
Gloucestershire	Hématite brune	199.453	3.739.700	199.342	3.136.1[illegible]
Wiltshire	Oxyde hydraté	96.418	904.200	140.139	700.943
Oxfordshire	Hématite brune	63.536	1.191.300	49.963	249.812
Northamptonshire	Oxyde hydraté	1.004.093	9.443.421	1.412.256	7.061.279
Lincolnshire	Idem	318.802	1.991.875	420.281	2.101.405
Shropshire	Carbonate argileux	408.425	3.841.725	430.725	6.160.879
Warwickshire	Idem	43.375	406.150	43.837	657.355
Staffordshire nord	Idem	339.118	5.086.750	168.372	2.527.560
	Oxyde hydraté	22.485	337.275	260.833	3.924.923
Staffordshire sud	Carbonate argileux	641.950	10.503.375	584.325	8.743.537
Derbyshire	Idem	307.183	4.607.710	365.127	5.474.900
Lancashire	Hématite rouge	852.065	26.579.678	926.497	28.947.137
Cheshire	Carbonate argileux	»	»	1.041	15.600
Cumberland	Hématite rouge	917.452	28.535.423	1.225.481	38.296.344
	Hématite brune	»	»	3.033	94.730
	Carbonate argileux	»	»	1.313	26.614
Yorkshire: North Riding ou Cleveland	Carbonate argileux	4.974.951	46.577.025	5.617.014	42.202.401
Yorkshire: West Riding	Idem	466.305	4.371.600	407.388	3.055.410
Northumberland et Durham	Carbonate argileux	97.954	918.250	123.283	924.503
Galles du Nord	Carbonate argileux	27.775	492.750	34.426	516.390
	Hématite brune			3.861	57.910
Galles du Sud et Monmouthshire	Carbonate argileux	801.381	12.020.625	730.722	10.960.294
	Hématite brune	446.213	6.591.015	213.205	3.574.235
Ile de Man	Fer spathique	994	12.426	1.873	39.740
	Hématite brune	»	»	905	33.667
Écosse	Carbonate argileux et blackband	3.270.000	20.437.500	1.986.000	14.895.000
Irlande	Hématite brune	58.929	1.088.710	53.462	1.057.6[illegible]
	Id. avec blackband	52.254	1.175.708	24.835	558.77[illegible]
	Minerai alumineux	70.675	1.602.645	24.044	540.7[illegible]
	Min. pisolithique			36.414	931.9[illegible]
Total pour le Royaume-Uni		15.584.652	194.871.853	15.577.499	190.341.9[illegible]

Répartition de la production par nature de minerai.

NATURE.	1872		1873	
	Quantité.	Valeur.	Quantité.	Valeur.
	tonnes.	francs.	tonnes.	francs.
Hématite rouge.	1.769.517	55.115.101	2.151.978	67.243.481
Oxyde magnétique.	5.000	82.500	800	15.000
Hématite brune.	837.113	13.723.797	574.531	9.202.321
Minerais oxydés hydratés. .	1.441.498	12.676.771	2.233.509	13.788.552
Fer spathique.	28.997	711.601	36.183	864.539
Carbonate argileux et black-band.	11.351.642	108.789.460	10.495.205	96.196.463
Minerais mêlés.	150.885	3.272.623	85.293	2.031.552
Total.	15.584.652	194.371.853	15.577.499	189.341.908

Production de la fonte.

	1872				1873			
	Nombre de h^ts - fourneaux		Fonte	Charbon	Nombre de h^ts-fourneaux		Fonte	Charbon
	existants.	en feu.	produite.	consommé.	existants.	en feu.	produite.	consommé.
ANGLETERRE.			tonnes.	tonnes.			tonnes.	tonnes.
Northumberland	4	4	38.766		10	4	44.807	
Durham	56	49	760.172		54	49 3/4	799.573	
Yorkshire (North Riding)	81	73 3/4	1.122.114		78	76	1.156.431	
— (West Riding)	40	29 1/2	148.636		40	30	151.511	
Derbyshire	46	38	283.375		47	39	296.468	
Lancashire	40	34 1/2	524.041		44	36	529.271	
Cumberland	43	33 1/4	440.575		48	33 1/2	456.877	
Shropshire	29	22	133.046		29	21	135.149	
North Staffordshire	36	30 3/4	275.925		36	29	241.166	
South —	145	107 1/2	673.470		142	99	673.397	
Northamptonshire	10	9	59.424		16	10	58.480	
Lincolnshire	9	6 3/4	36.989		13	9	52.076	
Gloucestershire	10	6	46.226		10	6	44.049	
Wiltshire	7	5	44.255		7	5	48.944	
Somersetshire	1	1	7.600		1	1		
Total partiel	557	449 3/4	4.594.614	11.388.342	575	448 1/4	4.688.199	11.[illegible]
PAYS DE GALLES.								
Galles du Nord.								
Denbighshire	8	4 3/4	41.464		9	5	42.773	
Flintshire	3	3	12.228		4	3	24.690	
Galles du Sud.								
Fourneaux à anthracite	13	8	25.678		13	8	32.822	
Fourneaux à houille grasse. Glamorganshire	71	51 1/2	465.603		73	51	424.384	
Fourneaux à houille grasse. Brecknockshire	7	6	30.000		»	»	»	
Fourneaux à houille grasse. Monmouthshire	63	49	481.342		62	42	360.583	
Total partiel	165	122 1/4	1.057.315	2.607.887	161	109	885.252	2.184.[illegible]
ÉCOSSE.								
Ayrshire	42	36			42	34		
Lanarkshire	92	81			94	79		
Fifeshire	6	3			6	3		
Linlithgowshire	6	5			6	4		
Stirlingshire	7	5			7	5		
Argyleshire	1	0			1	1		
Total partiel	154	130	1.090.000	3.215.500	156	126	993.000	2.730.[illegible]
Total général	876	702	6.741.929	17.211.729	892	683 1/4	6.566.451	16.718.[illegible]

Prix de la tonne de fonte.

		1872	1873
		francs.	francs.
Fonte du pays de Galles.	Prix moyen. .	165,00	163,12
	Prix extrêmes.	125,00 à 181,25	143,75 à 165,00
Fonte d'Écosse. .	Prix moyen. .	137,50	163,12
	Prix extrêmes.	101,25 à 184,37	145,00 à 198,75
Fonte du Cleveland.	Prix moyen. .	130,62	143,75
	Prix extrêmes.	86,25 à 153,12	112,50 à 158,87

. . . .

Forges. — Nombre des fours à puddler et des laminoirs.

	1872		1873	
	Fours à puddler.	Laminoirs.	Fours à puddler.	Laminoirs.
ANGLETERRE.				
Northumberland.	54	4	54	4
Cumberland.	86	10	83	11
Durham.	1.135	62	1.140	62
Yorkshire (district de Cleveland).	492	36	508	29
Yorkshire (district de Leeds et Bradford).	282	54	231	55
Yorkshire (district de Sheffield et Rotherham). . . .	363	58	337	61
Derbyshire.	108	18	108	17
Somersetshire.	19	2	14	3
Gloucestershire.	6	2	3	2
South Staffordshire.	2.155	329	2.145	327
North Staffordshire.	446	168	425	41
Shropshire.	184	24	182	26
Lancashire.	178	40	350	81
Galles du Nord.	66	7	67	8
Galles du Sud. — Glamorganshire. . .	594	93	543	96
Galles du Sud. — Brecknockshire. . .	20	2	20	2
Galles du Sud. — Monmouthshire. . .	637	49	625	55
ECOSSE.	486	57	429	59
Totaux.	7.311	1.015	7.264	939

Fabrication de l'acier Bessemer.

	1872	1873
Nombre des usines.	19	21
Nombre des convertisseurs.	89	103
Capacité totale des convertisseurs. .	367 tonnes.	439 tonnes.

. . . .

Exportation.

NATURE :	1872	1873
	tonnes.	tonnes.
Fonte.	1.332.726	1.139.664
Fers d'angle, fer en barres, etc.	313.876	288.422
Rails.	947.548	786.800
Fils de fer.	33.605	29.884
Fer-blanc.	118.234	120.468
Fer à cercles, tôles de chaudières et autres.	208.423	201.437
Fonte moulée et fers façonnés.	269.614	282.165
Vieux fers.	108.181	60.478
Acier brut.	45.285	39.438
Articles en fer.	11.130	10.508
Totaux.	3.388.622	2.959.314

Importation.

NATURE :	1872	1873
	tonnes.	tonnes.
Fer en barres.	82.888	74.490
Acier brut.	39.602	33.150
Fer et acier, façonnés ou manufacturés.	7.557	9.556
Totaux.	130.047	117.196

CHARBON.

Production du Royaume-Uni.

COMTÉS.	1872	187
	tonnes.	tonnes.
Cumberland.		1.747.964
Northumberland.	13.010.000	
North Durham.		12.204.340
South Durham.	17.395.000	
Westmoreland.		1.972
Yorkshire.	14.576.000	15.311.778
Derbyshire.		
Nottinghamshire.	10.857.100	11.568.000
Warwickshire.		
Leicestershire.		
Cheshire.		1.150.500
Shropshire.	6.327.188	1.570.000
North Staffordshire.		3.892.019
South Staffordshire.	10.550.000	9.463.559
Worcestershire.		
Lancashire (nord et est).	9.363.236	9.360.000
Lancashire (ouest).		7.300.000
	9.000.000	
Galles du Nord.		2.450.000
Gloucestershire.		
	7.000.000	1.858.740
Somersetshire.		
Monmouthshire.		4.500.000
Galles du Sud.	10.131.720	9.841.523
Ecosse (est).	9.046.814	10.142.039
Ecosse (ouest)	6.336.795	6.715.733
Irlande.	103.463	103.435
Total.	123.497.316	127.016.747

Prix de la tonne de houille sur le marché de Londres.

		1872		1873	
		Prix moyen.	Prix extrêmes.	Prix moyen.	Prix extrêmes.
		francs.	francs,	francs.	francs.
NEWCASTLE.	Wallsend. . .	28,75	22,50 à 36,25	38,44	32,50 à 52,81
	Holywellmain.	30,00	23,75 à 37,50	37,81	35,00 à 45,62
	Hartley. . . .	29,37	25,00 à 35,94	37,19	32,81 à 42,81
SUNDERLAND.	Wallsend. . .	30,00	23,12 à 37,19	40,00	33,44 à 55,62
HARTLEPOOL.	Wallsend. . .	30,62	24,37 à 38,44	40,00	34,69 à 55,00

Exportation.

NATURE.	1872		1873	
	Quantité.	Valeur déclarée.	Quantité.	Valeur déclarée.
	tonnes.	francs.	tonnes.	francs.
Houille.	12.712.231	246.460.450	12.077.507	309.265.950
Coke.	279.022	9.864.200	261.649	12.499.875
Agglomérés.	207.241	4.733.375	278.410	7.946.950
Totaux.	13.198.494	261.058.025	12.617.566	329.712.775

Répartition de la houille et du coke exportés.

DESTINATIONS.	1872		1873	
	Houille.	Coke.	Houille.	Coke.
	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
France.	2.152.527	3.514	2.398.991	8.186
Allemagne.	2.074.622	38.942	1.627.683	40.997
Italie.	898.468	8.457	755.195	8.650
Russie.	771.255	23.508	594.168	17.991
Suède et Norwége.	733.013	32.252	760.171	32.264
Danemark.	637.076	4.432	588.496	4.293
Espagne et Canaries. . . .	501.590	90.968	307.942	70.153
Hollande.	468.424	2.835	456.174	6.912
Egypte.	509.719	51	323.628	3.237
Autres pays.	3.965.528	74.063	3.870.059	68.856
Totaux.	12.712.231	279.022	12.077.507	261.649

MINÉRAUX DIVERS.

Production du Royaume-Uni.

NATURE.	1872		1873	
	Quantité.	Valeur.	Quantité.	Valeur.
	tonnes.	francs.	tonnes.	francs.
Pyrites de fer.	65.916	986.750	58.924	887.125
Arsenic brut.	5.172	449.100	5.449	571.350
Wolfram.	88	24.825	50	13.150
Minerai de cobalt.	1	500	0,3	300
Oxydes de manganèse. . . .	7.773	971.625	8.671	1.444.150
Spath fluor.	81	1.000	—	—
Ocre, terre d'ombre, etc. .	3.327	205.675	6.368	135.250
Minerai de bismuth.	2	—	1,2	1.700
Chlorure de baryum.	65	3.250	—	—
Carbonate et sulfate de baryte.	9.093	176.950	10.270	199.825
Argile (kaolin, argile réfractaire, etc.).	1.200.000	11.250.000	1.785.000	16.407.500
Sel.	1.309.497	16.368.700	1.785.000	22.312.500
Coprolithes.	35.000	1.250.000	—	—

Importation.

NATURE.	1872		1873	
	Quantité.	Valeur.	Quantité.	Valeur.
	tonnes.	francs.	tonnes.	francs.
Minerai d'étain.	1.024	1.819.200	5.612	10.003.400
Minerai de cuivre.	43.656	18.805.275	50.769	20.987.450
Mattes de cuivre.	28.779	29.585.250	27.908	28.466.000
Minerai de plomb.	14.560	5.719.800	11.688	4.997 125
Minerai d'argent.	14.406	54.700.250	11.946	25.514.825
Minerai d'or.	320	195.350	83	100.375
Minerai de zinc.	32.662	3.486.225	30.087	3.056.300
Minerai de fer.	801.503	25.371.050	967.536	31.956.950
Pyrites de fer et pyrites cuivreuses (1).	517.626	33.778.650	520.347	32.531.800
Oxydes de manganèse. . . .	38.934	5.580.750	25.777	3.774.575
Minerais divers.	8.625	2.799.750	17.020	5.837.900

(1) Les pyrites importées, provenant d'Espagne, sont généralement cuivreuses; on les traite pour cuivre après grillage (Burnt Ore). On a traité ainsi en 1872, 253.529 tonnes, et en 1873, 323.910 tonnes de Burnt Ore.

Il a été exporté en 1872 : 747.803 tonnes de sel, valant 13.227.500 francs,
et en 1873 : 841.226 — — 19.729.625 —

(*Extrait par* M. Zeiller, *ingénieur des mines, des* Mineral Statistics of the United Kingdom, *dressés et publiés par* M. Robert Hunt.)

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE DE L'ITALIE

POUR L'ANNÉE 1872.

L'Italie renferme un grand nombre de gisements de minerais de fer et de minerais métalliques, dont plusieurs sont exploités depuis une époque très-reculée. Mais le manque de houille rend le traitement dans le pays même assez difficile et, pour certains métaux, la production se trouve être relativement fort inférieure à la quantité de minerai extrait.

Les tableaux suivants donnent les quantités de matières minérales extraites et les quantités de métaux produites en 1872, et ensuite l'exportation et l'importation des minerais et des métaux ainsi que des combustibles fossiles.

Production des mines, carrières et salines.

	Quantités extraites. tonnes.	Valeur. francs.
Minerai de fer	167.000	2.087.500
— de cuivre	26.588	1.218.986
— de plomb	35.122	10.536.600
— de zinc (calamine)	79.760	5.872.000
— de nickel	3.000	240.000
— de manganèse	970	65.700
— d'or	15.000	1.500.000
— de mercure	6.000	331.056
Pyrites de fer	2.300	45.000
Anthracite	2.000	20.000
Lignite	95.500	1.163.995
Tourbe	90.000	1.100.000
Pétroles et asphaltes	6.000	900.000
Soufre	221.000	26.120.000
Sel marin	241.744	3.863.113
Acide borique	2.750	4.124.550
Marbres de Carrare	143.703	12.700.000
Pierres à aiguiser des environs de Bergame	13.800	500.000
Talc	2.000	100.000
Graphite et barytine	4.200	316.000
Total	1.158.435	72.804.500

Production métallurgique.

	Quantités. tonnes.	Valeur. francs.
Fonte	26.000	26.064.967
Fer et acier en barres, fils, etc.	48.909	
Cuivre	500	1.250.000
Plomb et litharges	5.565	3.390.000
Argent extrait des plombs d'œuvre	3.500 kil.	700.000
Or	450 —	1.500.000
Mercure	55.176 —	331.056

Exportation.

	tonnes.	francs.
Minerai de fer.	168.462	2.205.900
— de cuivre.	4.173	677.680
— de plomb.	17.046	6.818.400
— de zinc.	79.760	5.872.000
— de nickel.	3.000	240.000
— de manganèse.	542	36.940
Soufre.	182.655	21.627.000
Sel marin.	104.662	840.116
Acide borique.	2.749	4.124.550
Marbres de Carrare.	105.296	9.960.000
Pierres à aiguiser, talc, barytine et graphite.	10.000	600.000
Total.	678.345	53.002.586

Importation.

	tonnes.	francs.
Fonte, fer et acier, en barres, tôles, fils, etc.	162.839	57.151.270
Cuivre, laiton et bronze.	3.399	9.703.370
Plomb en saumons, feuilles, etc.	2.415	1.263.790
Etain en saumons, feuilles, etc.	386	1.433.830
Zinc.	1.436	1.070.805
Alliages de nickel.	73	793.404
Autres métaux et alliages. . . .	130	312.830
Houille.	1.037.409	51.870.450
Total.	1.208.087	123.569.749

On voit par ces tableaux que la plus grande partie des minerais bruts sont exportés et traités à l'étranger ; on peut remarquer que pour le fer l'exportation a été supérieure à l'extraction ; cette anomalie apparente tient à ce qu'une partie des minerais de l'île d'Elbe extraits en 1870 et 1871 n'ont été exportés qu'en 1872. Inversement, pour les métaux, l'Italie est loin de suffire à ses besoins, et l'importation dépasse de beaucoup la production du pays.

Nous allons maintenant donner quelques détails sur les diverses parties de l'industrie minérale, et notamment sur les gisements principaux et leur exploitation.

Fer. — Les centres de production les plus importants sont la Lombardie, le Piémont et la Toscane. La Lombardie livre environ 27.000 tonnes de minerai par an, composées pour les neuf dixièmes de fer spathique, et pour un dixième de fer oxydulé et d'hématite brune.

La production du Piémont s'élève environ à 4.000 tonnes, et tout le minerai est traité dans le pays ; les mines les plus importantes sont celles de Cogne et de Traverselle avec leurs amas de fer oxydulé. L'exploitation de Cogne porte sur de puissantes masses lenticulaires intercalées dans des schistes appartenant

probablement à l'époque carbonifère. Le minerai a une gangue quartzeuse: il tient 60 p. 100 de métal. A Traverselle, la masse minérale se trouve dans les diorites; elle est formée de magnétite, mélangée de pyrites de fer et de cuivre avec une gangue dolomitique; le minerai extrait rend en moyenne 40 p. 100.

La Toscane renferme les mines de Pietrasanta et de Stazzema, qui ont produit 5.000 tonnes de minerai en 1872, et celles, beaucoup plus considérables et plus connues, de l'île d'Elbe dont la production a atteint 126.075 tonnes; on sait qu'elles sont formées de fer oligiste associé à de l'hématite et à du fer oxydulé.

D'après des analyses de M. le professeur Sestini, le minerai de Calamita renferme :

Fe^2O^3	94,6782
Mn^2O^3	0,3302
Cu	0,0472
S	0,0321
SiO^3	3,2836
PhO^5	traces
Eau et matières volatiles	1,6041
Pertes	0,0246
	100,0000

et le minerai de Terranera :

Fe^2O^3	93,367
Al^2O^3	0,582
CaO	0,166
MgO	0,169
Mn^2O^3	traces
S	0,114
Matières insolubles dans les acides	3,649
Pertes	1,953
	100,000

Enfin le minerai de Rio, analysé à l'usine du Phénix, en Allemagne, a donné :

Fe	61,810
Mn	0,050
CaO	0,220
MgO	0,340
Al^2O^3	3,470
SiO^3	5,970
S	0,170
Ph	0,008
O	26,102
Eau et pertes	1,860
	100,000

Il y a encore en Italie d'autres gîtes ferrifères de moindre importance, dont quelques-uns viennent d'être remis en exploitation après plusieurs années d'abandon.

Le nombre total des mines de fer est actuellement de 70; elles occupent 1.700 ouvriers.

En 1873, la production s'est élevée à 240.000 tonnes; la Toscane seule figure dans ce chiffre pour 209.861 tonnes, et l'exportation a été de 161.949 tonnes.

Sur les 167.000 tonnes extraites en 1872, 53.000 seulement ont été fondues dans le pays; il n'y a, du reste, en Italie, à cause de l'absence de combustible minéral, que 32 hauts-fourneaux, faisant tous de la fonte au bois. Les forges sont aussi très-peu nombreuses; les unes, situées dans les vallées des Alpes, travaillent exclusivement au bois; leur production annuelle est d'environ 20.000 tonnes. D'autres, établies sur les côtes, traitent des riblons et des vieux fers provenant de l'étranger, et tirent également leur combustible du dehors, notamment de l'Angleterre; elles font annuellement 10 à 15.000 tonnes de fer; enfin quelques-unes, situées dans l'intérieur, traitent des fontes de Toscane et des vieux fers.

Ces différentes usines réunies occupaient en 1872 8.340 ouvriers; on a consommé, pour les 48.909 tonnes de fer et d'acier fabriquées, 60.801 tonnes de fonte et de riblons, valant 9.819.443 francs, et 87.192 tonnes de combustible, valant 4.924.445 francs; la main-d'œuvre a été de 4.264.906 francs.

Cuivre. — L'Italie possède plusieurs gisements cuprifères importants : d'abord, en Toscane, les amas de Monte Catini au milieu de roches serpentineuses, et les filons des Capanne Vecchie et de la Fenice Massetana, dans les schistes et les calcaires; l'amas de pyrite d'Agordo en Vénétie, qui se trouve au milieu des schistes paléozoïques; les gîtes de chalcopyrite de la vallée d'Aoste, avec gangue de chlorite, quartz et grenat, dans des schistes chloritiques et talqueux, et enfin, en Ligurie, d'importants gisements associés aux serpentines. Les mines exploitées sont au nombre de 18; les minerais d'une teneur de 12 à 20 p. 100 sont expédiés en Angleterre, les autres plus pauvres sont traités sur place. Les usines à cuivre, très-peu nombreuses, ont produit en 1872 500 tonnes de métal.

Plomb, argent et zinc. — Il n'y a de mines d'argent proprement dites en Italie que dans la partie sud-est de la Sardaigne, au Monte Narba; on a reconnu là un filon qui renferme un mélange

de sulfures, arséniures et antimoniures d'argent avec de l'argent natif. Il en a été extrait jusqu'ici environ 200 tonnes, d'une teneur en argent de 2 p. 100 avec une valeur moyenne de 4.000 francs la tonne; tout a été expédié à Freiberg.

Les principales mines de galène du continent sont celles de la Valsassina, de la Valvassera et de Brusimpiano en Lombardie, et celle de Bottino en Toscane qui produit annuellement 700 tonnes de minerai très-argentifère.

Mais c'est en Sardaigne que se trouvent les gisements de beaucoup les plus importants, dans les schistes et les calcaires siluriens, tantôt sous la forme de filons, les uns croisant, les autres suivant la stratification, tantôt sous la forme d'amas irréguliers; la galène y est souvent accompagnée de plomb carbonaté ou sulfaté et de minerai de zinc, avec du quartz, de la calcite et de la limonite. Les gisements zincifères se distinguent par leur liaison intime avec le calcaire silurien, et leur nature varie suivant l'épaisseur des couches auxquelles ils sont associés; dans les bancs minces, ils se composent de galène et de blende avec gangue de quartz, d'amphibole, de pyrite et de limonite; dans les bancs puissants, au contraire, on trouve un mélange de calamine et de galène ou de cérusite avec de l'ocre, de la dolomie et du quartz. On n'exporte que les calamines tenant de 35 à 60 p. 100, soit en moyenne 50 p. 100, à cause des frais du transport. Les mines les plus importantes sont celles de Montevecchio, Ingurtosu, Monteponi, Malfidano et Pranu Sartu.

On a traité en Italie en 1872, 12.883 tonnes de minerai de plomb, qui, comme nous l'avons vu, ont produit 5.565 tonnes de plomb et litharge, et 3.500 kil. d'argent.

En 1873, la production de la galène a considérablement augmenté, mais celle de la calamine est restée stationnaire.

Or. — L'or s'extrait presque exclusivement des pyrites aurifères exploitées aux environs du mont Rose.

Les travaux portent sur plusieurs filons parallèles, d'allure régulière, intercalés dans des quartzites micacés passant au gneiss; la pyrite y est accompagnée de mispickel, de pyrite de cuivre, de galène, de blende et de cuivre gris.

On peut citer encore le lavage des sables aurifères de plusieurs rivières ou torrents des Alpes et des Apennins, qui produit annuellement près de 10.000 francs d'or.

Nickel et cobalt. — Il y a dans les Alpes du Piémont quelques gisements de pyrrhotine nickélifère, généralement encaissés dans

des diorites; tout le minerai produit s'expédie en Angleterre et en Prusse.

Mercure. — Les seuls gisements exploités sont ceux de Vallalta, près Agordo, et de Santa Fiora en Toscane. Le premier est un amas qui se trouve au contact du porphyre avec les schistes graphitiques : il est formé de pyrite de fer avec du quartz, de la calcite, du gypse et de la chlorite et des imprégnations de cinabre; le minerai extrait a une teneur de 0, 2 à 7, 5 p. 100. A Santa Fiora, les travaux portent sur de petits filons ou veines de cinabre qui traversent les schistes et les calcaires éocènes.

Presque tout le mercure produit en Italie est expédié à l'étranger.

Combustibles fossiles. — L'Italie ne possède pour ainsi dire pas de gîtes de combustible en dehors des lignites tertiaires : il faut citer cependant les anthracites de La Thuile dans la vallée d'Aoste; mais l'extraction en est peu importante, et le produit n'est employé qu'au chauffage domestique et à la cuisson de la chaux.

On connaît en outre une petite couche de houille aux environs d'Udine, appartenant vraisemblablement à la formation triasique, mais elle est abandonnée.

Les lignites sont exploités sur un grand nombre de points; les plus importants sont les lignites noirs éocènes ou miocènes; les principales mines sont celle de Monte Massi qui a produit plus de 12.000 tonnes, et celle de Puli et Valdagno, qui a produit 15.000 tonnes en 1872.

On trouve en outre dans les formations lacustres de l'époque postpliocène des dépôts de bois fossile très-riches : ainsi, dans la partie supérieure du val d'Arno, on en a extrait 10.000 tonnes en 1872 et 30.000 en 1873; dans le val Gandino, près de Bergame, se trouve un bassin semblable qui a produit en 1872 16.000 tonnes de combustible.

Pétroles et bitumes. — Les principaux gisements sont ceux de l'Émilie, disposés en une longue bande sur le versant oriental de l'Apennin; souvent le pétrole y est liquide dans les marnes et les sables du miocène supérieur et du pliocène inférieur; souvent aussi il se dégage à l'état de gaz, et sur plusieurs points ces émanations sont utilisées pour le chauffage des fours à chaux.

Plus au midi, dans les Abbruzzes, on rencontre d'autres terrains bitumineux, riches surtout en asphaltes; ils se trouvent entre le calcaire nummulitique et les argiles miocènes.

La production annuelle de pétrole est d'environ 10.000 litres

pour l'Émilie et 150.000 litres pour les provinces méridionales; la production d'asphalte a été de 5.800 tonnes.

Soufre. — La production du soufre en Italie se répartit sur trois régions, la Romagne, la province d'Avellino à l'est de Naples et la Sicile.

Les mines de la Romagne sont au nombre de 47, et forment deux groupes principaux, celui de Forli et Cesena et celui de Montefeltro; le soufre est en nids ou en veinules dans les calcaires marneux de l'époque miocène; on trouve toujours du gypse associé à ces couches. La teneur de la roche est de 8 à 16 p. 100.

Les mines de la province d'Avellino sont établies sur un amas puissant, mais irrégulier; elles sont d'ailleurs peu importantes, ainsi que celles de la province de Rome.

C'est la Sicile qui est le centre principal de production; les 253 mines qu'on y exploite sont réparties en quatre groupes : Caltanissetta, Girgenti, Catane et Lercara; le groupe de Girgenti produit à lui seul presque autant que les trois autres réunis. Le soufre se trouve dans un calcaire marneux alternant avec des couches de marnes argilo-bitumineuses et des gypses, qui paraissent appartenir au terrain tertiaire moyen.

La production du soufre en 1872 se décompose de la façon suivante :

Provinces :	Nombre d'ouvriers.	Quantités extraites.	Valeur.
		tonnes.	francs.
Rome, Avellino et Toscane.	480	6.000	720.000
Romagne.	1.800	20.000	2.400.000
Sicile.	14.000	195.000	23.000.000
Totaux.	16.280	221.000	26.120.000

On a exporté 182.655 tonnes de soufre à destination de l'Angleterre, de la France, de l'Autriche, de l'Allemagne et des États-Unis.

En 1873, la production s'est élevée environ à 280.000 tonnes, et l'exportation à 203.051 tonnes.

Sel marin. — Le sel est extrait en Italie, partie des mines de sel gemme de Calabre et de Sicile, partie des sources salées de Volterra en Toscane et de Salsomaggiore près de Parme, partie enfin des salines maritimes, dont les principales sont celles de Sardaigne, de Sicile et de Vénétie.

Les mines de sel gemme de Sicile sont dans le terrain miocène inférieur; les bancs sont très-étendus et assez purs, mais la production, limitée à la consommation intérieure, ne dépasse pas

2.000 tonnes, tandis que les salines établies sur les côtes de l'île fournissent annuellement près de 70.000 tonnes qui sont exportées en entier.

Le tableau suivant indique comment s'est répartie en 1872 la production du sel en Italie :

Provenances :	Nombre d'ouvriers employés.	Quantités produites.	Valeur.
		tonnes.	francs.
Salines maritimes.	3.586	225.056	3.553.205
Mines de sel gemme.	121	7.988	35.408
Sources salées.	118	8.700	274.500
Totaux.	3.825	241.744	3.863.113

Marbres. — Parmi les richesses minérales d'Italie, il faut compter au premier rang les marbres des monts Apuens (*Alpi Apuane*), exploités à Carrare, Massa et Serravezza. Le banc de marbre, dont l'âge géologique n'est pas bien fixé, repose sur des schistes talqueux et micacés, et il est recouvert de schistes ardoisiers et talqueux, par-dessus lesquels on trouve un calcaire gris caverneux. Les carrières sont au nombre d'environ 600 ; une partie des marbres extraits sont sciés et polis dans le pays ; on compte à peu près 5.000 ouvriers à Carrare, 900 à Massa, et 2.000 à Serravezza et dans les communes voisines.

La production s'est divisée en 1872 de la manière suivante :

Carrare.	94.211	tonnes, valant	8.700.000	francs.
Massa.	14.492	—	1.200.000	—
Serravezza.	35.000	—	2.800.000	—
Total.	143.703	—	12.700.000	—

Il y a encore dans un grand nombre d'autres provinces des exploitations considérables de marbres de belle qualité et de diverses pierres d'ornements, parmi lesquelles nous nous bornerons à mentionner les albâtres de Volterra et les pierres dures de Toscane, employées dans la confection des mosaïques de Florence.

Pierres a aiguiser et matières diverses. — Les pierres à aiguiser les faulx se trouvent au nord de Bergame dans les montagnes comprises entre le lac d'Iseo et la vallée de la Bremba ; la roche dont on les tire est un calcaire siliceux du lias moyen, disposé en bancs minces très-inclinés. L'exploitation se fait par galeries souterraines, comme celle d'un filon. Il y a environ 40 carrières en activité, mais elles sont toutes indépendantes les unes des autres, ce qui rend assez difficiles l'aérage et l'épuisement des eaux, ainsi

que les transports intérieurs. La pierre extraite est débitée au jour et façonnée par des femmes ou des enfants.

Nous citerons encore les exploitations de barytine de la Valsassina, d'amiante de la Valteline et de feldspath du lac Majeur, et enfin les pierres ponces dont on a exporté en 1872 4.438 tonnes valant 621.000 francs.

La production des carrières de toute sorte, en comptant les marbres de Carrare, a atteint en 1872 une valeur de 21.573.306 francs; le nombre total des carrières était d'environ 3.000, occupant 17.000 ouvriers.

(*Extrait par* M. ZEILLER, *ingénieur des mines, de la* Relazione sulla industria mineraria in Italia nel 1873, par M. GIULIO AXERIO.)

STATISTIQUE DES ACCIDENTS SURVENUS EN 1873 DANS LES

MINES DE

Tableau des ouvriers employés dans les mines de charbon, ainsi que des quantités extraites

NOMS DES DISTRICTS.	OUVRIERS employés sous terre				
	de 10 à 12 ans.	de 12 à 13 ans.	de 13 à 16 ans.	au-dessus de 16 ans.	Total.
Northumberland, Cumberland et Durham Nord. .	»	904	4.345	31.851	37.100
Durham Sud.	»	1.307	5.076	35.875	42.258
Westmoreland.	»	1	3	16	20
Cleveland. (Minerai de fer.).	»	112	407	6.428	6.947
Lancashire Nord et Est.	325	1.062	3.253	21.789	26.429
Irlande. (*Voir plus bas.*).	»	»	»	»	»
Lancashire Ouest.	13	914	2.721	19.105	22.753
Galles du Nord.	»	171	1.175	8.919	10.265
Yorkshire.	837	1.846	6.807	36.338	45.828
Lincolnshire. (Minerai de fer.).	»	»	11	87	98
Derbyshire.	1	640	2.961	18.571	22.173
Leicestershire.	»	35	397	2.606	3.038
Nottinghamshire.	»	97	896	6.762	7.755
Warwickshire.	»	50	463	3.065	3.578
Stafford Nord, Cheshire et Shropshire. Id. id. (Minerai de fer.).	10	514	2.317	20.336	23.177
Stafford Sud et Worcestershire.	»	148	3.310	24.039	27.497
Monmouthshire, Gloucester, Somerset et Devonshire.	»	»	»	»	28.553
Galles du Sud.	12	1.260	3.944	31.100	36.316
Id. (Minerai de fer.).	»	»	»	»	305
Écosse Est. Id. (Minerai de fer.). Id. (Schiste.).	»	1.633	4.415	28.510	29.880 3.311 1.367
Écosse Ouest.	»	454	2.483	16.428	19.365
Id. (Minerai de fer.).	»	155	866	7.008	8.029
Id. (Schiste.).	»	»	4	254	258
Total de la Grande-Bretagne.	»	»	»	»	406.599
Irlande (non comprise en 1873).	4	6	77	1.122	1.209
Total du Royaume-Uni.	»	»	»	»	407.808

EXPLOITATIONS MINÉRALES DE LA GRANDE-BRETAGNE.

HOUILLE, ETC.

argile réfractaire, minerai de fer et schiste bitumineux, pendant l'année 1873.

OUVRIERS ET OUVRIÈRES employés à la surface							TOTAL	PRODUCTION EN TONNES.			
de 10 à 13 ans.		de 13 à 16 ans.		au-dessus de 16 ans.		Total.	général.	Charbon.	Argile réfractaire.	Minerai de fer.	Schiste bitumineux.
Garçons.	Filles.	Garçons.	Filles.	Hommes.	Femmes.			tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
286	»	948	12	8.565	297	10.108	47.208	13.471.104	305.044	1.101	»
503	»	1.215	»	9.358	»	11.076	53.334	17.436.045	463.321	»	»
1	»	1	»	1	»	3	23	1.972	»	»	»
51	»	168	»	2.184	»	2.403	9.350	»	»	5.435.233	»
164	»	253	22	4.896	118	5.453	31.882	8.063.855	57.669	100	»
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
113	3	424	201	4.626	1.204	6.571	29.324	7.818.112	6.172	»	»
16	»	182	19	2.407	87	2.711	12.976	2.470.471	34.949	46.896	»
374	10	697	15	10.584	15	11.695	57.523	15.311.778	149.130	234.341	»
»	»	4	»	34	»	38	136	»	»	69.446	»
251	»	440	»	5.259	»	5.950	28.123	6.977.587	2.919	142.849	»
14	»	33	»	752	»	799	3.837	832.504	8.602	»	»
36	»	150	»	2.425	»	2.611	10.366	2.890.929	»	1.601	»
3	»	85	»	982	»	1.070	4.648	832.387	18.389	84.070	»
97	3	492	197	5.713	942	7.444	20.621	6.257.468	35.878	»	»
							10.000	»	»	3.000.000	»
13	3	624	125	7.262	1.305	? 9.332	36.829	11.100.000	206.917	346.644	»
»	»	»	»	»	»	? 7.000	35.352	6.749.264	83.500	276.166	»
61	4	565	65	7.736	727	9.158	45.474	11.473.152	138.099	»	»
»	»	»	»	»	»	285	1.090	»	»	355.278	»
						5.854	35.734	10.142.039	71.696	»	»
60	8	340	115	5.635	577	640	3.951	»	»	648.755	»
						241	1.608	»	»	»	439.615
12	»	232	11	3.102	69	3.426	22.791	6.715.733	161.256	»	»
10	»	61	8	1.553	41	1.673	9.702	»	»	1.452.347	»
»	»	»	»	59	»	59	317	»	»	»	84.480
»	»	»	»	»	»	105.600	512.199	128.544.400	1.738.491	12.094.827	524.095
5	»	43	»	692	1	741	1.950	135.731	3.702	»	»
»	»	»	»	»	»	106.341	514.149	128.680.131	1.742.193	12.094.827	524.095

Tableau des accidents suivis de mort survenus en 1873 dans les min

NOMS DES DISTRICTS.	Explosions de grisou.	ÉBOULEMENTS dans la mine.			DANS LES PUITS.							
		des parois.	du toit.	Total.	Cages allant aux molettes.	Ruptures de câbles ou chaînes.	Dans la montée ou la descente par machines.	Chutes dans les puits de la surface.	Objets tombant de la surface.	Chutes dans l'intérieur des puits.	Objets tombant dans l'intérieur des puits.	Divers.
Northumberland, Cumberland et Durham Nord	»	5	41	46	1	»	2	2	1	4	»	1
Durham sud et Westmoreland	1	5	30	35	1	1	1	»	»	2	»	[illegible]
Cleveland. (Minerai de fer.)	»	1	7	8	»	»	1	2	»	»	»	[illegible]
Lancashire Nord et Est	2	12	24	36	»	5	3	1	»	1	2	[illegible]
Irlande (non comprise en 1873)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	[illegible]
Lancashire Ouest et Galles du Nord	9	10	32	42	»	1	2	2	»	10	4	[illegible]
Yorkshire	7	16	34	50	»	1	5	»	»	2	»	7
Id. (Minerai de fer des houillères.	»	»	1	1	»	»	»	»	»	»	»	[illegible]
Lincolnshire. (Minerai de fer.)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	[illegible]
Derby, Nottingham, Leicester et Warwickshire	4	6	31	37	»	»	4	3	1	1	»	[illegible]
Id. (Minerai de fer)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	[illegible]
Stafford Nord, Cheshire et Shropshire	6	7	13	20	»	»	2	»	1	1	»	[illegible]
Id. (Minerai de fer)	»	»	10	10	»	»	»	»	»	»	»	[illegible]
Stafford Sud et Worcestershire	2	16	14	30	»	1	3	3	»	2	»	[illegible]
Id. (Minerai de fer)	»	2	1	3	»	»	»	»	»	»	»	[illegible]
Monmouth, Gloucester, Somerset et Devonshire	2	11	25	36	»	»	2	3	»	»	1	[illegible]
Id. (Minerai de fer)	»	»	2	2	»	»	»	»	1	»	»	[illegible]
Galles du Sud	8	9	51	60	»	»	2	3	2	3	»	[illegible]
Id. (Minerai de fer)	»	»	2	2	»	»	»	»	»	»	»	[illegible]
Écosse Est	»	12	18	30	1	2	2	4	2	7	»	[illegible]
Id. (Minerai de fer et schiste)	»	1	2	3	1	»	»	»	1	1	»	[illegible]
Écosse Ouest	3	6	12	18	»	»	5	2	»	1	»	[illegible]
Id. (Minerai de fer et schiste)	»	»	5	5	»	»	»	1	»	2	1	[illegible]
Nombre d'accidents survenus — dans les mines de houille et d'argile réfractaire	44	115	325	440	3	11	33	23	7	34	7	[illegible]
Nombre d'accidents survenus — dans les mines de fer et de schiste	»	4	30	34	1	»	1	3	2	3	1	[illegible]
Nombre d'accidents survenus — Total général	44	119	355	474	4	11	34	26	9	37	8	[illegible]
Nombre d'hommes tués — dans les mines de houille et d'argile réfractaire	100	119	336	455	4	15	38	24	7	34	8	[illegible]
Nombre d'hommes tués — dans les mines de fer et de schiste	»	4	32	36	1	»	2	3	2	3	1	[illegible]
Nombre d'hommes tués — Total général	100	123	368	491	5	15	40	27	9	37	9	[illegible]

de charbon, argile réfractaire, minerai de fer et schiste bitumineux.

ACCIDENTS SOUTERRAINS DIVERS.									A LA SURFACE.				
Coups de mine, etc.	Asphyxies.	Coups d'eau.	Chutes dans l'eau.	Sur les plans inclinés.	Par les bennes ou les wagons.	Par machines souterraines.	Divers.	Total.	Par machines à la surface.	Explosions de chaudières.	Divers.	Total.	Total général.
5	1	»	»	4	11	1	1	23	1	3	8	12	92
»	»	»	1	11	10	»	2	24	2	»	8	10	75
1	»	»	»	1	8	»	2	12	»	»	1	1	24
1	»	»	»	5	5	2	»	13	1	»	4	5	69
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
5	»	»	1	8	3	1	2	20	»	»	9	9	101
»	1	»	»	6	7	»	1	15	2	1	15	18	105
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
»	1	»	»	8	9	»	4	22	1	»	1	2	75
»	»	»	»	1	»	»	»	1	»	»	»	»	1
»	»	»	«	1	5	2	3	11	»	»	»	»	41
1	»	»	»	»	1	1	1	4	1	»	»	1	15
5	1	»	»	1	3	»	8	18	2	1	2	5	67
»	»	»	»	»	1	»	»	1	»	»	»	»	4
2	2	»	»	2	5	»	»	11	4	»	1	5	62
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	3
					1								
1	»	1	»	2	3	1	2	20	»	»	5	5	109
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	2
1	»	»	»	1	2	»	»	4	»	»	7	7	61
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	1	8
2	1	1	»	1	5	»	»	10	1	»	3	4	45
1	»	»	»	»	1	»	»	2	»	»	1	1	13
22	7	2	2	50	78	7	23	191	14	5	63	82	902
3	»	»	»	2	11	1	3	20	1	»	3	4	71
25	7	2	2	52	89	8	26	211	15	5	66	86	973
26	9	3	2	50	78	9	23	200	14	5	63	82	994
4	»	»	»	2	11	1	3	21	1	»	3	4	75
30	9	3	2	52	89	10	26	221	15	5	66	86	1069

Tableau indiquant la proportion d'accidents et de morts relativement aux quantités extraites et au nombre d'ouvriers employés en 1873.

NOMS DES DISTRICTS.	NOMBRE de mines.	NOMBRE de personnes employées.	QUANTITÉS de matière minérale extraites. (Total.)	NOMBRE d'accidents.	NOMBRE de personnes tuées	NOMBRE de personnes employées par accident.	NOMBRE de personnes employées par mort d'homme.	QUANTITÉS extraites par accident.	QUANTITÉS extraites par mort d'homme.
			tonnes.					tonnes.	tonnes.
Northumberland, Cumberland et Durham Nord. .	221	47.208	13.777.249	92	95	513	496	149.752	145.023
Durham Sud et Westmoreland.	175	53.357	17.901.338	75	76	711	702	238.684	235.543
Cleveland. (Minerai de fer).	40	9.350	5.435.233	24	25	389	374	226.468	217.409
Lancashire Nord et Est.	367	31.882	8.121.624	69	74	462	430	117.703	109.750
Irlande (*voir plus bas*).	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Lancashire Ouest.	273	20.324	7.824.284	101	125	418	338	101.867	82.308
Galles du Nord.		12.976	2.552.316						
Yorkshire.	491	57.523	15.695.249	106	116	543	496	148.068	135.304
Lincolnshire. (Minerai de fer.).	8	136	69.446	»	»	»	»	»	»
Derbyshire, Leicester, Nottingham et Warwickshire.	210	46.974	11.791.787	76	79	618	594	155.155	149.263
Stafford Nord, Cheshire et Shropshire.	240	20.621	9.293.346	41	60	546	397	165.311	120.226
Id. (Minerai de fer).		10.000		15	17				
Stafford Sud et Worcestershire.	433	36.829	11.653.561	71	77	518	478	164.134	151.345
Monmouth, Gloucester, Somerset et Devonshire. .	326	35.352	7.108.930	65	72	543	491	109.368	98.735
Galles du Sud.	350	45.474	11.961.529	109	116	419	385	107.761	101.368
Id. (Minerai de fer).		1.090		2	2				
Écosse Est.	296	35.734	11.302.105	61	64	598	573	163.798	156.973
Id. (Minerai de fer).	50	3.951		6	6				
Id. (Schiste).	20	1.608		2	2				
Écosse Ouest.	237	22.791	8.413.816	45	49	565	520	145.065	135.552
Id. (Minerai de fer).	154	9.702		13	14				
Id. (Schiste).	20	317		»	»				
Grande-Bretagne. Totaux et moyennes.	3.901	512.199	142.901.813	973	1.069	526	479	146.867	133.677
Irlande (non comprise en 1873).	37	1.950	139.433						
Totaux du Royaume-Uni.	3.938	514 149	143.041.246						

Tableau des ouvriers employés dans les mines métalliques en 1872.

SITUATION DES MINES.	OUVRIERS employés sous terre				OUVRIERS ET OUVRIÈRES employés à la surface.							TOTAL général.
	de 12 à 13 ans	de 13 à 16 ans.	au-dessus de 16 ans.	Total.	de 8 à 13 ans. Garçons.	de 8 à 13 ans. Filles.	de 13 à 18 ans. Garçons.	de 13 à 18 ans. Filles.	au-dessus de 18 ans. Hommes.	au-dessus de 18 ans. Femmes.	Total.	
Northumberland, Cumberland, Westmoreland, Durham, Derbyshire, Shropshire, île de Man, Galles du Nord et parties du pays de Galles Sud, du Lancashire et du Yorkshire.	37	300	15.511	15.848	548	81	2.583	237	5.351	337	9.137	24,985
Partie du Yorkshire.	Pas de renseignements.											
Cheshire et partie du Lancashire comprenant le bassin houiller.	6	43	316	365	3	»	»	»	127	12	142	507
Derbyshire, Nottinghamshire et Staffordshire.	Pas de renseignements.											
Staffordshire.	»	»	45	45	4	»	4	»	13	»	21	66
Staffordshire Sud et Worcestershire.	Pas de renseignements.											
Breconshire, Gloucestershire, Herefordshire, Monmouthshire, et parties du Somersetshire et du Glamorganshire.	Pas de renseignements.											
Glamorganshire, Pembrokeshire et Carmarthenshire.	6	35	350	391	13	»	19	2	85	6	125	516
Cornwall, Devonshire et partie du Somersetshire.	171	1.333	13.828	15.332	1.330	432	2.475	1.508	6.524	2.312	14.590	29,922
Écosse Est.	Pas de renseignements.											
Écosse Ouest.	»	1	175	176	1	»	38	1	65	6	111	287
Irlande.	2	45	1.800	1.847	47	21	248	94	850	105	1.365	3,212

Tableau des accidents suivis de mort survenus en 1873 dans les mines métalliques.

NOMS DES DISTRICTS.	EXPLOSIONS DE GRISOU.	EBOULEMENTS.	DANS LES PUITS. Cages allant aux molettes.	Ruptures de câbles ou chaînes.	Dans la montée ou la descente par machines.	Chutes dans les puits de la surface.	Objets tombant de la surface.	Chutes dans l'intérieur des puits.	Objets tombant dans l'intérieur des puits.	Divers.	Total.	ACCIDENTS SOUTERRAINS divers. Coups de mine, etc.	Asphyxies.	Coups d'eau.	Chutes dans l'eau.	Sur les plans inclinés.	Par les bennes ou les wagons.	Par machines souterraines.	Divers.	Total.	A LA SURFACE. Par machines à la surface.	Explosions de chaudières.	Divers.	Total.	TOTAL GÉNÉRAL.
Northumberland, Cumberland, Westmoreland, Durham, Derbyshire, Shropshire, île de Man, Galles du Nord et parties du pays de Galles Sud, du Lancashire et du Yorkshire.	»	12	»	»	»	»	»	8	»	»	8	2	»	»	»	»	»	»	6	8	»	»	4	4	32
Partie du Yorkshire.	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Cheshire, Irlande et bassin houiller du Lancashire Nord et Est.	»	1	»	»	»	1	1	»	»	»	2	2	»	»	»	»	»	»	»	2	2	»	1	3	8
Derbyshire, Nottinghamshire et partie du Staffordshire.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Staffordshire.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Staffordshire Sud et Worcestershire.	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Breconshire, Gloucestershire, Herefordshire, Monmouthshire et parties du Glamorghanshire et du Somersetshire.	»	2	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	2
Glamorganshire, Pembrokeshire et Carmarthenshire.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Cornwall, Devonshire et partie du Somersetshire.	»	10	»	2	3	»	»	11	4	»	20	5	1	»	»	»	»	1	8	15	8	3	3	14	59
District oriental de l'Écosse.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
District occidental de l'Écosse.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Total des accidents.	»	27	»	2	3	1	1	19	4	»	30	9	1	»	»	»	»	1	14	25	10	3	8	21	103
Nombre d'hommes tués.	»	27	»	2	3	1	1	19	4	»	30	9	1	»	»	»	»	1	14	25	10	4	8	22	104

(Extrait des Summaries of the Reports of Her Majesty's Inspectors of Mines, année 1873.) [illegible]

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME SIXIÈME.

MINÉRALOGIE. — GÉOLOGIE.

MÉTALLURGIE. — MINÉRALURGIE.

MÉCANIQUE. — EXPLOITATION.

OBJETS DIVERS.

BULLETIN.

EXPLICATION DES PLANCHES

DU TOME SIXIÈME.

E.E. Trémie du distributeur, divisée en deux compartiments par un diaphragme en tôle *e*, qu'on peut déplacer de manière à faire varier les volumes des deux compartiments pour les amener à être entre eux dans le rapport voulu pour le mélange à faire.

F. Cylindre distributeur.

G.G'. Noria élevant le charbon débité par le cylindre distributeur au-dessus du broyeur.

H. Broyeur Carr.

II'. Noria élevant le charbon broyé au-dessus de la plate-forme des fours à coke.

J. Trémie recevant le charbon broyé et sous laquelle viennent se remplir les wagonnets qui circulent sur la plate-forme des fours à coke.

K. Passerelle reliant l'atelier de broyage aux fours à coke.

LL.L'.L'. Arbre de transmission commandant les deux broyeurs et leurs dépendances.

M.'M'. Second broyeur, identique au premier. Le plan est fait au niveau des fondations et en supposant tous les appareils enlevés.

N. Machine motrice.

m. Arbre moteur.

n.n. Engrenages coniques reliant l'arbre moteur à l'arbre de transmission général.

Détails de construction du distributeur.

Fig. 5. — Coupe du distributeur suivant l'axe du cylindre distributeur.

Fig. 6. — Cylindre distributeur.

Fig. 7. — Roue dentée servant à la transmission du mouvement de la noria au cylindre distributeur.

Fig. 8. — Chaîne de galle assurant la transmission.

Pl. VIII. *Disposition d'ensemble d'un broyeur et de ses dépendances.*

Fig. 1. — Vue de face de la noria du distributeur et du broyeur.

Fig. 2. — Coupe longitudinale de toute l'installation.

Mêmes lettres qu'à la Pl. VII. Les lignes interrompues avec doubles points entre chaque trait indiquent les courroies de transmission où la chaîne de galle qui relie le cylindre distributeur à la première noria.

Détails de construction des norias.

Fig. 3. — Godet des norias.

Fig. 4. — Maillons de la chaîne à godets.

Fig. 5. — Croisillon en fonte sur lequel s'infléchit la chaîne à ses extrémités.

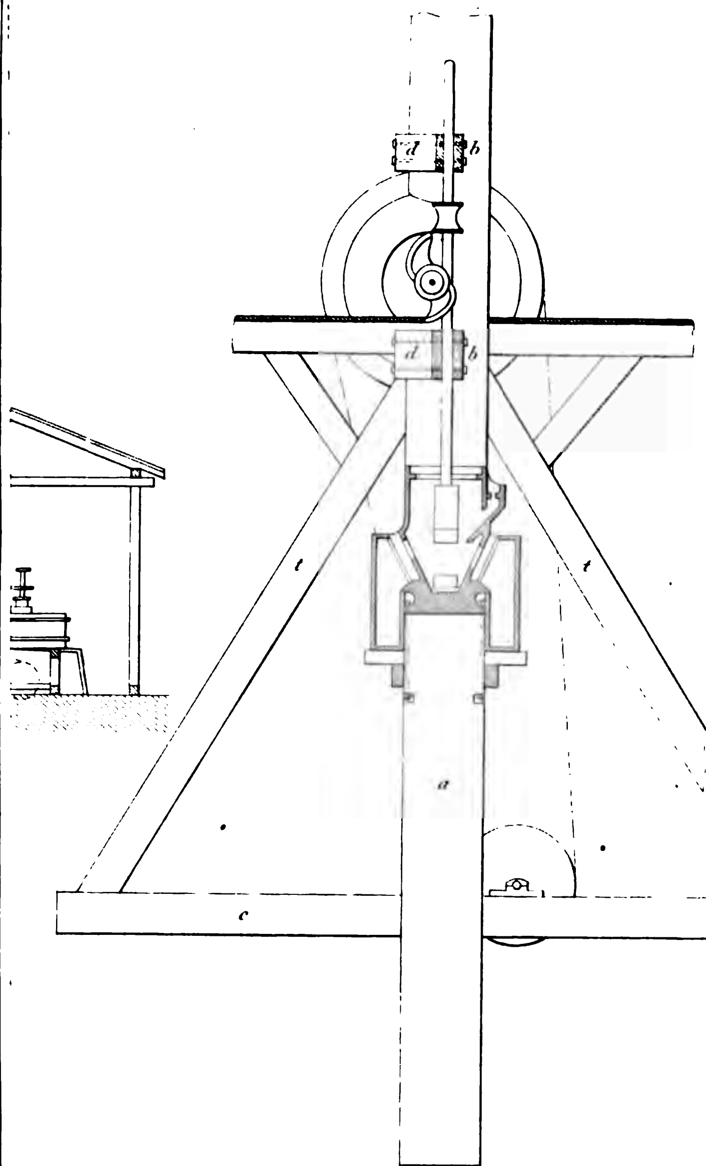
Fig. 6 et 9. — Paliers dans lesquels tournent les axes des croisillons et de l'engrenage moteur des norias.

Fig. 7. — Axe moteur des norias.

Fig. 8. — Axe inférieur des norias.

Paris. — Imprimerie Arnous de Rivière et C°, rue Racine, 26.

Fig. 4.



Lemaître del. et sc.

